

培优辅导

—— 高中物理跟踪练习

(选修3-1)

学而思研发中心 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

培优辅导. 高中物理跟踪练习. 选修3-1/学而思研发中心编著. —北京:电子工业出版社, 2015.9
ISBN 978-7-121-27024-6

I. ①培… II. ①学… III. ①中学物理课—高中—习题集 IV. ①G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第201058号

责任编辑:华 睿

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:850×1168 1/16 印张:10.25 字数:610千字 插页:44

版 次:2015年9月第1版

印 次:2015年9月第1次印刷

定 价:65.00元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltis@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

学而思图书策划委员会

主 编：张邦新

执行主编：王朝立 韩春成

本书主编：于 亮

编 者：于 亮 李继东 李爱国 刘瑞杰 董云峰
刘鸿燕 李元太 孙岩峰 陆 遥

前言

学而思国际教育集团成立于2003年,仅用九年时间就发展成为北京市乃至全国范围内知名度、美誉度颇高的中小学教育培训机构。目前在北京、上海、天津、广州等众多城市设立分校,拥有数千名优秀教师。

学而思秉承着“激发兴趣、培养习惯、塑造品格”的教育理念,经过多年努力培养了一批批成绩突出的优秀学子。

从学而思成立至今,我们共获得国际奥林匹克竞赛金牌9枚,全国奥林匹克竞赛金牌43枚、银牌34枚、铜牌20枚。仅在2014年,我们的学员就获得CMO金牌9枚、银牌11枚,CPHO金牌4枚、银牌8枚、铜牌1枚的好成绩。在2013年,我们的学员就获得CMO金牌6枚、银牌7枚、铜牌1枚,CPHO金牌3枚、银牌4枚、铜牌4枚的好成绩。

在2014年北京高考中,我们有338名学员考入清华北大;16名学员总分裸分在700分以上;在2013年北京高考中,我们有328名学员考入清华北大;750名学员总分在650分以上;34名学员语文在135分以上;38名学员数学在145分以上;33名学员理综在285分以上;38名学员英语在145分以上。

学而思教研中心经九年中小学数学培训经验的积淀,历时一年出版了初中数学《几何辅助线秘籍》一书,此书出版后受到业内、学生、家长的一致好评。《几何辅助线秘籍》切实提高了学生的学习成绩,很多同学拿到了数学满分成绩。为了让更多的同学在平时考试中获得理科高分,应广大学生、家长及公立学校老师要求,学而思一线顶级教师倾力打造一套能够真正提高学生理科成绩及解题能力的《培优辅导》系列图书,《培优辅导——高中物理跟踪练习(选修3-1)》就是其中之一。

我们反对机械记忆、题海战术;我们提倡钻透一道题,学会一类题!本书汇集众多高考专家及一线教师的多年研究成果和课堂实践经验,具有针对性和代表性,科学系统,思维与技巧同练,能帮助无数学生攻克理科难关。本书具有三大特点:

第一:权威团队

本书以新课标精神为依据,以现行高中物理教材为蓝本,科学准确地定位,由众多高考专家及全国数千名一线教师编写完成;内容遵循高中物理学习规律;知识点体现系统性、条理性;题目经典、题型全面、注重方法与规律的总结。

第二:视频讲解

本书采用了国内辅导市场最新的教学形式——视频教学。我们将书中的部分题目做了免费的网络高清现场教学视频讲解,力求读者更加深刻地学习题目的考点、考法,真正地把老师请到家。读者通过书中的防伪码登录:<http://zt.xueersi.com/gzwlxx3-1>进行观看。

第三:论坛互动

读者只需登录<http://book.eduu.com/peiyou>,点击“新书答疑”按钮,进入e度论坛图书板块,点击“《培优辅导——高中物理跟踪练习(选修3-1)》答疑帖”,即可实现与老师在线互动,与同学交流心得体会,以解决在使用《培优辅导——高中物理跟踪练习(选修3-1)》一书中所遇到的问题。

“宝剑锋从磨砺出,梅花香自苦寒来。”希望同学们通过自身的努力,不断奋进,愿《培优辅导——高中物理跟踪练习(选修3-1)》助你掌握解题的方法、技巧,顺利通过考试难关。

本书部分试题选自历年全国高考试题、各省竞赛试题、模拟试题及名校试题,在本书编写过程中征求了全国各地部分教师和教研人员的意见,在此表示衷心的感谢。

我们秉承着学而思“凡事全力以赴”的精神编写此书,但不妥之处在所难免。读者在使用本书过程中发现任何问题或者提出改善性意见,均可与我们联系。

联系方式:E-mail:gaozhongshuji@100tal.com。

目 录

第一章 静电场	1
第一节 电荷及其守恒定律	1
第二节 库仑定律	4
第三节 电场强度	9
第四节 电势和电势能	15
第五节 电势差	22
第六节 电势差与电场强度的关系	27
第七节 静电现象的应用	33
第八节 电容器的电容	38
第九节 带电粒子在电场中的运动	44
方法技巧归纳	53
第二章 恒定电流	59
第一节 电源与电流	59
第二节 电动势	62
第三节 欧姆定律	64
第四节 串联电路和并联电路	67
第五节 焦耳定律	72
第六节 导体的电阻	76
第七节 闭合电路欧姆定律	80
第八节 多用电表原理及实验;练习使用多用电表	86
第九节 实验:测定电池的电动势和内阻	90
第十节 简单逻辑电路	96
方法技巧归纳	99
第三章 磁场	105
第一节 磁现象和磁场	105
第二节 磁感应强度	109
第三节 几种常见的磁场	112
第四节 通电导线在磁场中受到的力	117
第五节 运动电荷在磁场中受到的力	126
第六节 带电粒子在匀强磁场中的运动	133
方法技巧归纳	144
模块测试 1	149
模块测试 2	154
答案与提示	159

第一章

静电场

第一节 电荷及其守恒定律

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 三种起电方式 2. 电荷守恒定律 3. 元电荷	1. 知道摩擦起电、接触起电、静电感应这三种起电方式 2. 知道电荷守恒定律,能用原子结构和电荷守恒定律的知识分析起电现象	I

二、知识解析

1. 电荷

- (1) 自然界存在两种电荷:正电荷、负电荷。
- (2) 正电荷:用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷是正电荷。
负电荷:用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷是负电荷。
- (3) 同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引。
- (4) 物体带电的实质:①物体是由原子组成的,而原子又是由原子核和核外电子构成的,原子核带正电,电子带负电。②由原子组成的物体,若带有等量的正、负电荷,则对外表现为不带电状态,我们称物体呈电中性。③呈电中性的物体失去电子带正电,得到电子带负电。物体带电的实质就是电子的得失。
- (5) 物体带电的三种方式:摩擦起电、感应起电和接触带电(说明:摩擦起电并不是创造了电荷,而是电荷在物体间的转移。在摩擦过程中,失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电)

2. 电荷守恒定律

- (1) 内容:电荷既不能被创造,也不能被消灭,它只能从一个物体转移到另一个物体,或从物体的一部分转移到另一部分,在转移的过程中,电荷总量不变。
- (2) 意义:电荷守恒定律是自然界的普遍定律,既适用于宏观系统,也适用于微观系统。
- (3) ①不受外界影响时,两外形完全相同的导体,接触后带电量相等;外形不同的带电物体接触后,一般所带的电荷量不相等。②两个带异种电荷的物体相接触,则先发生正负电荷的中和,若有剩余的电荷,再进行重新分配。

3. 元电荷

电荷量为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的电荷叫做元电荷。质子和电子均带元电荷电量,但其内部的夸克带电量可以比元电荷小。任何带电体的电荷量都为元电荷的整数倍。

三、全能突破

基础演练

- A、B 两物体均不带电,相互摩擦后 A 带负电荷,电荷量大小为 Q ,则 B 的带电情况是()
A. 带正电荷,电荷量大于 Q
B. 带正电荷,电荷量等于 Q
C. 带负电荷,电荷量大于 Q
D. 带负电荷,电荷量等于 Q
- 下列关于电荷、电荷量的说法正确的是()
A. 自然界存在有三种电荷:正电荷、负电荷和元电荷
B. 物体所带的电荷量可以是任意值

- C. 物体所带的电荷量只能是某些特定的值
 D. 物体的带电量可以是 $2 \times 10^{-19} \text{ C}$
3. 在秋冬的干燥天气里, 当你在黑暗中脱下含腈纶材料的衣服时, 会看到“闪光”, 同时听到“啪啪”的声音, 对于这一现象的解释, 下列说法中正确的是()
 A. 感应起电现象
 B. 接触起电现象
 C. 摩擦起电现象
 D. 电荷中和现象
4. 如图 1-1-1 所示使物体 A、B 带电的实验为()

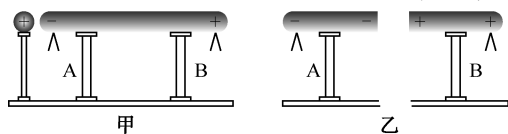
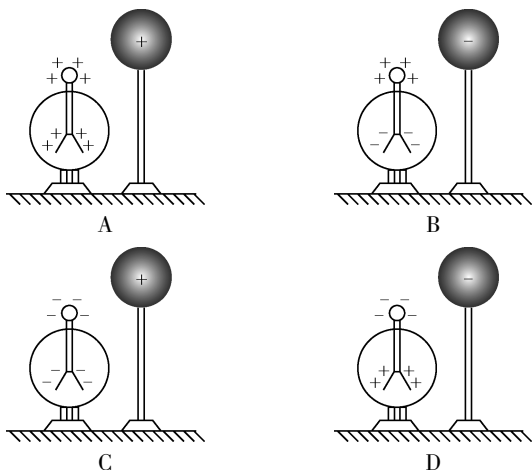


图 1-1-1

- A. 摩擦起电
 B. 传导起电
 C. 感应起电
 D. 以上都不对
5. 使带电的金属球靠近不带电的验电器, 验电器的箔片张开。下列各图表示验电器上感应电荷的分布情况, 正确的是()



6. 关于摩擦起电和感应起电原因, 下列说法正确的是()
 A. 摩擦起电的原因是电荷的转移, 感应起电的原因是产生电荷
 B. 摩擦起电的原因是产生电荷, 感应起电的原因是电荷的转移
 C. 摩擦起电和感应起电的原因都是电荷的转移
 D. 摩擦起电和感应起电的原因都是产生电荷

能力提升

7. 下列说法正确的是()
 A. 静电感应不是创造了电荷, 而是电子从物体的一部分转移到另一部分引起的
 B. 感应起电是创造了电荷
 C. 摩擦起电是创造了电荷
 D. 以上说法都不对
8. 关于元电荷的理解, 下列说法正确的是()
 A. 元电荷就是电子
 B. 元电荷是表示与电子所带电量数值相等的电荷量
 C. 元电荷就是质子
 D. 物体所带的电荷量只能是元电荷的整数倍

9. 带电微粒所带电荷量的值不可能的是()
 A. $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 B. $-6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$
 C. $2.4 \times 10^{-19} \text{ C}$
 D. $4 \times 10^{-17} \text{ C}$
10. 下列对物体带电现象描述正确的是()
 A. 物体带电一定具有多余的电子
 B. 摩擦起电是使不带电的物体产生电荷
 C. 摩擦起电的实质是电子从一个物体转移到另一个物体
 D. 物体所带电量可能很小, 甚至小于元电荷 e
11. 下列关于元电荷的说法中正确的是()
 A. 元电荷实质上是指电子和质子本身
 B. 一个带电体的带电量可以为 205.5 倍的元电荷
 C. 元电荷没有正负之分, 也就是点电荷
 D. 元电荷 e 的值最早是由美国物理学家密立根通过实验测定的
12. 一个元电荷的电量是()
 A. 1 库仑
 B. 0.1 库仑
 C. 10^{-10} 库仑
 D. 1.6×10^{-19} 库仑
13. ABC 三个塑料小球, A 和 B , B 和 C , C 和 A 间都是相互吸引, 如果 A 带正电则()
 A. B 、 C 球中必有一个带负电, 而另一个不带电
 B. B 球带负电, C 球带正电
 C. A 、 B 、 C 球均带负电
 D. B 、 C 球都不带电
14. 有 A 、 B 、 C 三个完全相同的金属球, A 带 $1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$ 的正电荷, B 、 C 不带电, 现用相互接触的方法使它们都带电, 则 A 、 B 、 C 所带的电荷量可能是()
 A. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
 B. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
 C. $4.5 \times 10^{-5} \text{ C}$ $4.5 \times 10^{-5} \text{ C}$ $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
 D. $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
15. 关于电现象, 下列说法中正确的是()
 A. 感应起电是利用静电感应, 使电荷从物体的一部分转移到物体的另一部分的过程
 B. 带电现象的本质是电子的转移, 中性物体得到多余电子就一定带负电, 失去电子就一定带正电
 C. 摩擦起电是普遍存在的现象, 相互摩擦的两个物体总是同时带等量同种电荷
 D. 当一种电荷出现时, 必然有等量异种电荷出现, 当一种电荷消失时, 必然有等量异种电荷同时消失
16. 如图 1-1-2 所示, A 、 B 是两个带有绝缘支架的金属球, 它们原来均不带电, 并彼此接触。现使带负电的橡胶棒 C 靠近 A (C 与 A 不接触), 然后先将 A 、 B 分开, 再将 C 移走。关于 A 、 B 的带电情况, 下列判断正确的是()

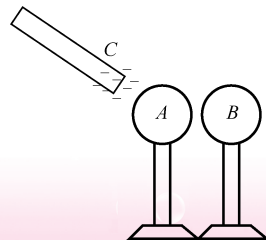


图 1-1-2

- A. A 带正电, B 带负电 B. A 带负电, B 带正电
C. A 、 B 均不带电 D. A 、 B 均带正电
17. 用验电器可以检验甲导体是否带电, 带什么电性的电, 下列说法正确的是()
A. 使验电器原先不带电, 将甲导体靠近验电器的金属小球, 若验电器的箔片张开, 则甲一定带电
B. 使验电器原先带少量正电, 将甲导体与验电器的金属小球接触, 若验电器的箔片张角变大, 则甲一定带正电
C. 使验电器原先带少量正电, 将甲导体靠近验电器的金属小球, 若验电器的箔片张角变小, 则甲一定带负电
D. 使验电器原先带少量正电, 将甲导体靠近验电器的金属小球, 若验电器的箔片张角先变小到闭合, 后又张开, 则甲一定带负电
18. 电荷在导体的表面分布是不均匀的, 电荷分布最密处是()
A. 平坦处 B. 尖端处
C. 凹陷处 D. 不一定
19. 现有丝绸、玻璃、塑料薄膜三种材料, 通过实验发现, 当被丝绸摩擦过的玻璃棒靠近被丝绸摩擦过的塑料薄膜时, 两者相互吸引。据此排出三种材料的顺序, 使前面的材料跟后面的材料摩擦后, 前者总是带负电, 这个顺序是()
A. 丝绸、玻璃、塑料薄膜
B. 塑料薄膜、玻璃、丝绸
C. 塑料薄膜、丝绸、玻璃
D. 丝绸、塑料薄膜、玻璃
20. 不带电的金属导体 P 与带正电的金属导体 Q 接触之后带正电, 这是因为()
A. Q 有部分正电荷转移到 P 上
B. P 有部分正电荷转移到 Q 上
C. Q 有部分负电荷转移到 P 上
D. P 有部分负电荷转移到 Q 上
21. 基元电荷电量是任何带电体电量的()
A. 最大公倍数 B. 最小公倍数
C. 最大公约数 D. 最小公约数
22. 2005 年 9 月 18 日, 中央电视台的三星智力快车节目介绍说, 蜜蜂飞行与空气摩擦产生静电, 因此蜜蜂在飞行中就可以吸引带正电的花粉, 以下说法正确的是()
A. 蜜蜂带负电 B. 蜜蜂带正电
C. 空气不带电 D. 空气带负电
23. 在感应起电中, 带负电物体靠近带绝缘底座的导体时, 如图 1-1-3 所示的 N 处将()

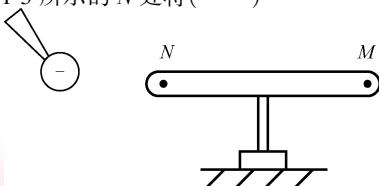


图 1-1-3

- A. 带正电 B. 带负电
C. 不带电 D. 以上答案均有可能
24. 两个大小材质完全相同的金属小球 a 、 b , 带电量分别为 $+3q$ 和 $-q$, 两小球接触后分开, 小球带电量为()
A. a 为 $+3q$, b 为 $-q$ B. a 为 $+q$, b 为 $+3q$
C. a 为 $+2q$, b 为 $-2q$ D. a 为 $+q$, b 为 $+q$
25. 将带电棒移近两个不带电的导体球, 两个导体球开始时互相接触且对地绝缘。如图 1-1-4 所示, 下列几种方法能使两球都带电的是()

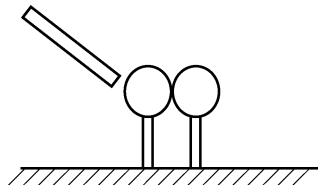


图 1-1-4

- A. 先把两球分开, 再移走棒
B. 先移走棒, 再把两球分开
C. 先把两球分开, 再将棒接触一下其中一个球
D. 先把两球分开, 然后移走棒, 再让两球接触
26. 关于电荷之间的相互吸引和相互排斥, 下列说法正确的是()
A. 同种电荷相互吸引, 异种电荷相互排斥
B. 同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引
C. 不管是同种电荷还是异种电荷, 都是相互吸引
D. 不管是异种电荷还是同种电荷, 都是相互排斥

高考链接

27. (2012 · 浙江) 用金属做成一个不带电的圆环, 放在干燥的绝缘桌面上。小明同学用绝缘材料做的笔套, 将笔套与头发摩擦后, 将笔套自上向下慢慢靠近圆环, 当距离约为 0.5cm 时圆环被吸引到笔套上, 如图 1-1-5 所示。对上述现象的判断与分析, 下列说法正确的是()



图 1-1-5

- A. 摩擦使笔套带电
B. 笔套靠近圆环时, 圆环上、下感应出异号电荷
C. 圆环被吸引到笔套的过程中, 圆环所受静电力的合力大于圆环的重力
D. 笔套碰到圆环后, 笔套所带的电荷立刻被全部中和

第二节 库仑定律

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 点电荷 2. 库仑定律	1. 知道点电荷的概念,了解理想化模型,体会理想化方法在科学研究中的作用 2. 通过实验探究电荷间的相互作用力;理解库仑定律的含义及其公式表达式;会用库仑定律进行相关计算	II

二、知识解析

1. 点电荷

(1) 点电荷是一种理想化的模型。若带电体之间的距离比它们本身的尺寸大得多,以致带电体的形状和大小对它们之间的作用力的影响可以忽略不计,这样的电荷可以看成点电荷。

(2) 两个带电的导体球,当忽略导体上的电荷由于相互作用力而重新分布的影响时(即看成均匀的带电体),也可以看成点电荷,电荷之间的距离等于两球心之间的距离。

(3) 点电荷只是相对的,能看成点电荷的带电体的尺寸不一定很小。另外,对点电荷的电量一般不作限制。

2. 库仑定律

(1) 内容:在真空中的两个点电荷之间的作用力跟它们两电荷量的乘积成正比,跟它们间的距离的平方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

(2) 公式: $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, F 叫库仑力或静电力,也叫电场力。 F 可以是引力,也可以是斥力, k 是静电力恒量,其数值与单位的选取有关,公式中各量都取国际单位制单位时, $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

(3) 适用条件:①真空;②点电荷。

(4) 理解和应用库仑定律时应注意的问题:

① 库仑力具有力的一切性质,相互作用的两个点电荷之间的作用力满足牛顿第三定律。

② 在使用公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 时, Q_1 、 Q_2 可只代入绝对值计算库仑力的大小,相互作用力的方向根据同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引来判断。

③ 当多个带电体同时存在时,任两个带电体之间的相互作用仍遵守库仑定律,任一个带电体同时受到多个库仑力的作用,可利用力的合成的平行四边形定则求出合力。

④ 在具体问题中,两个均匀带电体或带电球壳之间的库仑作用力可以将电荷看成集中在球心处产生的作用力。而实际情况下带电体带电并不均匀,这时带点球之间库仑力可用公式定性分析。若用 r 表示两球心之间的距离,则当两球带同种电荷时, $F < k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$;反之,当两球带异种电荷时, $F > k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 。

三、全能突破

基础演练

1. 关于库仑定律的公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, 下列说法中正确的是

()

A. 当真空中两个电荷间距离 $r \rightarrow \infty$ 时,它们间的静电力 $F \rightarrow \infty$

B. 当真空中两个电荷间距离 $r \rightarrow 0$ 时,它们间的静电力 $F \rightarrow \infty$

C. 当两个电荷间的距离 $r \rightarrow \infty$ 时,库仑定律的公式就不适用了

D. 当两个电荷间的距离 $r \rightarrow 0$ 时,库仑定律的公式就不适用了

2. 静电力恒量 k 的单位是()
 A. $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ B. $\text{kg}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$
 C. $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ D. $\text{C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$
3. 真空中有两个静止的点电荷,若保持它们之间的距离不变,而把它们的电荷量都变为原来的 4 倍,则两电荷间的库仑力将变为原来的()
 A. 4 倍 B. 6 倍 C. 8 倍 D. 16 倍
4. 电荷量分别为 q_1 、 q_2 的两个点电荷,相距 r 时相互作用力为 F ,则()
 A. 如果 q_1 、 q_2 恒定,当距离变为 $\frac{r}{2}$ 时,作用力将变为 $2F$
 B. 如果其中一个电荷的电荷量不变,而另一个电荷的电荷量和它们之间的距离都减半时,作用力变为 F
 C. 如果它们的电荷量和距离都加倍,则作用力 $2F$
 D. 如果它们的电荷量都加倍,距离变为 $\sqrt{2}r$ 时,作用力变为 $2F$
5. 有两个相同的金属小球 a 和 b ,分别带电 $+Q$ 和 $-2Q$,另有一中空开孔金属球壳 c ,带电 $+4Q$,当 a 和 b 相距 L 时,相互作用的库仑力为 F ;若将 a 、 b 接触后分开,然后用 a 与 c 的内壁接触,以后 a 再与 b 接触,最后它们都放回原处,则 a 、 b 相互作用的库仑力为()
 A. $\frac{F}{8}$ B. $\frac{9F}{8}$ C. $\frac{F}{32}$ D. $\frac{F}{16}$
6. 两个放在绝缘架上的相同金属球相距 d ,球的半径比 d 小得多,分别带 q 和 $2q$ 的电量,相互斥力为 F ,现将这两个金属球接触,然后分开,仍放回原处,则它们的相互作用力将变为()
 A. 0 B. F C. $\frac{1}{8}F$ D. $\frac{9}{8}F$
7. 真空中,相距为 r 的两点电荷间库仑力的大小为 F . 当它们间的距离变为 $2r$ 时,库仑力的大小变为()
 A. $\frac{1}{4}F$ B. $\frac{1}{2}F$ C. $2F$ D. $4F$
8. 下列说法正确的是()
 A. 用点电荷代替带电体,应用的是理想模型法
 B. 库仑发现了点电荷的相互作用规律;密立根通过油滴实验测定了元电荷的数值
 C. 法拉第发现了电磁感应现象,安培发现了磁场对运动电荷的作用规律
 D. 伽利略在利用理想实验探究力和运动关系时,使用的是等效替代法
9. 真空中两正点电荷 A 、 B 的位置固定,当把另一个正点电荷移到 B 的附近时, A 对 B 的库仑力将()
 A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 不能确定

能力提升

10. 中子内有一个电荷量为 $+\frac{2e}{3}$ 的上

夸克和两个电荷量为 $-\frac{e}{3}$ 的下夸克,一简单模型是三个夸克都在半径为 r 的同一圆周上,如图 1-2-1

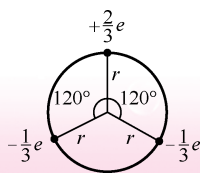
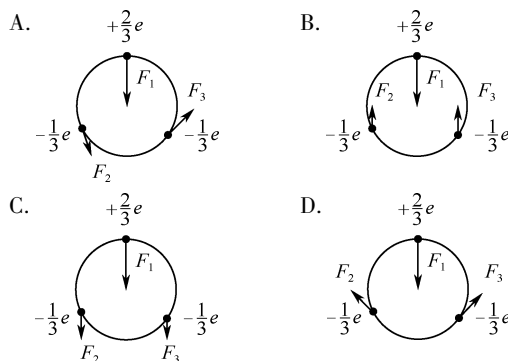


图 1-2-1

所示。下列给出的四幅图中,能正确表示出各夸克所受静电作用力的是()



11. 如图 1-2-2 所示,两绝缘轻绳各悬挂一个带电小球,并系于天花板上同一点,静止时两球在同一水平线上,两绳与竖直方向的夹角分别为 37° 和 53° ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$),则()

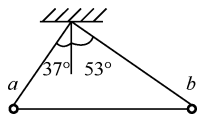


图 1-2-2

- A. 两绳同时断裂后两小球各自做匀加速直线运动
 B. a 、 b 两球质量之比为 $16:9$
 C. 两绳同时断裂后两小球落地时重力的瞬时功率相等
 D. 两绳同时断裂后两小球下落过程中任一时刻水平速度大小相等
12. 如图 1-2-3 所示,光滑水平桌面上有 A 、 B 两个带电小球(可看成点电荷), A 球带电量为 $+3q$, B 球带电量为 $-q$,由静止同时释放后 A 球加速度大小为 B 球的两倍。现在 A 、 B 中点固定一个带正电 C 球(也可看成点电荷),再由静止同时释放 A 、 B 两球,结果两球加速度大小相等,则 C 球带电量为()



图 1-2-3

- A. $\frac{3}{28}q$ B. $\frac{9}{20}q$ C. $\frac{3}{7}q$ D. $\frac{9}{4}q$
13. 如图 1-2-4 所示,把一个带电小球 A 固定在光滑的水平绝缘桌面上,在桌面的另一处放置带电小球 B . 现给 B 一个沿垂直 AB 方向的速度 v_0 ,下列说法中正确的是()
- A. 若 A 、 B 为异性电荷, B 球一定做圆周运动
 B. 若 A 、 B 为异性电荷, B 球可能做匀变速曲线运动
 C. 若 A 、 B 为同性电荷, B 球一定做远离 A 的变加速曲线运动
 D. 若 A 、 B 为同性电荷, B 球的动能一定会减小

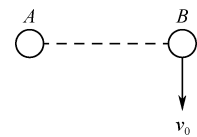


图 1-2-4

14. 两个大小相等的金属球,分别带电且相距 r (r 远大于球的直径)放置,它们之间静电力的大小为 F ,现让两球接触后放回原处,发现它们静电力的大小仍为 F ,则这两个小球原来所带的电荷为()
 A. 一定是等量的同种电荷
 B. 不可能是异种电荷

- C. 可能是不等量的同种电荷
D. 可能是不等量的异种电荷
15. 三个悬挂着的轻质泡沫塑料小球,任意两个小球相互靠近时相互吸引,则关于这三个小球的带电情况,正确的说法是()
- A. 只有一个小球带电 B. 只有两个小球带电
C. 三个小球都带电 D. 三个小球都不带电
16. 已知把一个金属导体放入一个电场后,当达到静电平衡时,导体的表面是一个等势面,现有表面光滑的金属板水平放置,在其上有固定的点电荷 Q ,有一带电量为 q 的外有绝缘层的小球以初速度 v_0 ,从金属板左侧滑上,如图 1-2-5 所示,小球的运动情况是()

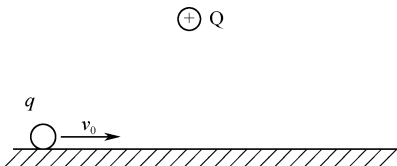


图 1-2-5

- A. 匀速运动 B. 先加速后减速运动
C. 先减速后加速运动 D. 无法确定
17. 如图 1-2-6 所示,一绝缘的轻质弹簧的两端系有质量相等的 A 、 B 两小球, A 、 B 两小球带有等量异种电荷,且带电荷均为 q (可视为质点)。将该体系放置在光滑的绝缘的水平面上。静止时,两小球之间距离是弹簧原长的 0.8 倍,若使两小球之间距离减小一半后仍处于静止状态,则此时两小球的电荷量 q_1 、 q_2 与 q 的关系应满足()

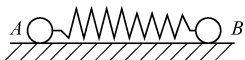


图 1-2-6

- A. $\frac{q_1 q_2}{q^2} = 2$ B. $\frac{q_1 q_2}{q^2} = 1$ C. $\frac{q_1 q_2}{q^2} = \frac{3}{4}$ D. $\frac{q_1 q_2}{q^2} = \frac{1}{2}$
18. 如图 1-2-7 所示,光滑绝缘墙壁上 O 点的上方有一个带电量不变的小球 A , O 点左侧与 O 点在同一水平线上有另一带同种电荷的小球 B ,当 B 带电量为 q_1 时, A 恰好处于静止,此时 A 、 B 的连线与竖直方向的夹角 $\theta_1 = 30^\circ$,保证小球 B 与 O 点在同一水平方向上且与 O 点距离不变,当 B 的带电量为 q_2 时, A 、 B 的连线与竖直方向的夹角 $\theta_2 = 60^\circ$,则 $\frac{q_1}{q_2}$ 为()

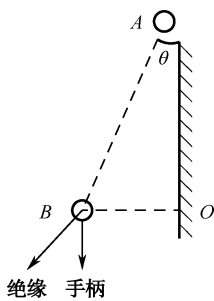


图 1-2-7

- A. $\sqrt{3}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$ C. $3\sqrt{3}$ D. $\frac{\sqrt{3}}{9}$
19. 某同学为了探究影响电荷间相互作用力的因素,进行了以下的实验(如图 1-2-8 所示): M 是一个带正电的物体,把系在丝线上的带正电的轻质小球先后挂在 P_1 、 P_2 、 P_3 位置,发现丝线偏离竖直方向的角度逐渐变小。这个实验结果说明电荷之间的作用力()

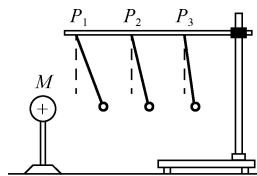


图 1-2-8

- A. 随着电荷量的增大而增大
B. 与两电荷量的乘积成正比
C. 随着电荷间距离的增大而减小
D. 与电荷间距离的平方成反比
20. 真空中有两个带等量异种电量的金属球,它们之间的静电力大小为 F 。如果把它们接触后再放回原处,则关于它们之间的静电力的说法正确的是()
- A. 为零 B. 一定大于 F
C. 一定为斥力 D. 可能为引力
21. 如图 1-2-9 所示,带正电的导体 A 固定在绝缘支架上,当带负电的导体 B 靠近 A 时,下列说法中正确的是()
- A. A 带的电荷量增加
B. A 带的电荷量减少
C. A 受到的库仑力增大
D. A 受到的库仑力减小
22. 两带电小球 A 、 B 分别位于光滑且绝缘的竖直墙壁和水平地面上,在作用于 B 的水平力 F 的作用下静止于如图 1-2-10 所示位置。现用力将 B 球向左推过一小段距离,试讨论两球重新平衡后它们之间的距离、推力 F 及 B 球对地的压力 F_N 各将如何变化?()

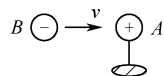


图 1-2-9

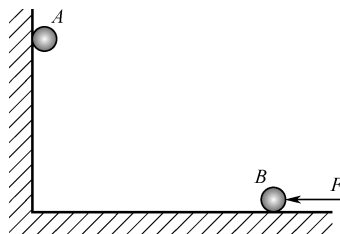


图 1-2-10

- A. F_N 不变, F 不变
B. F_N 不变, F 变小
C. F_N 变大, F 变大
D. F_N 变大, F 变小
23. 水平放置的光滑绝缘环上套有三个带电小球,小球可在环上自由移动,如图 1-2-11 所示,是小球平衡后的可能位置图。图中小球构成一个锐角三角形,其中三角形边长 $AB > AC > BC$,可以判断正确的是()
- A. 三个小球一定带同种电荷
B. A 、 B 两小球可能带异种电荷
C. 三个小球一定带等量电荷
D. 三个小球带电荷量的大小为 $Q_A > Q_B > Q_C$
24. 在光滑绝缘的水平地面上放置四个相同的金属小球,

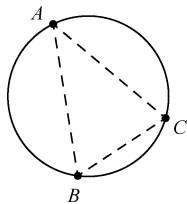


图 1-2-11

小球 A 、 B 、 C 位于等边三角形的三个顶点上, 小球 D 位于三角形的中心, 如图 1-2-12 所示。现让小球 A 、 B 、 C 带等量的正电荷 Q , 让小球 D 带负电荷 q , 使四个小球均处于静止状态, 则 Q 与 q 的比值为()

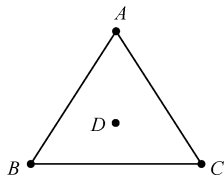


图 1-2-12

- A. $\frac{1}{3}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{3}$ C. 3 D. $\sqrt{3}$

25. 如图 1-2-13 所示在光滑、绝缘的水平面上, 沿一直线依次排列三个带电小球 A 、 B 、 C (可视为质点)。若它们恰能处于平衡状态, 那么这三个小球所带的电量及电性的关系, 可能的是下面的情况()

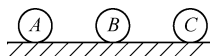


图 1-2-13

- A. $-9, 4, -36$ B. $4, 9, 36$
C. $-3, 2, 8$ D. $3, -2, 6$
26. 半径为 R 的两个较大的金属球, 带电量均为同种电荷 q , 放在绝缘的桌面上, 两球球心间的距离为 $4R$, 若两球间的库仑力为 F , 则下列说法正确的是()
- A. $F > k \frac{q^2}{(4R)^2}$ B. $F < k \frac{q^2}{(4R)^2}$
C. $F = k \frac{q^2}{(4R)^2}$ D. 无法确定

27. 如图 1-2-14 所示, 两根细线挂着两个质量相同的不带电小球 A 、 B , 上、下两根细线的拉力分别为 F_A 、 F_B , 现使 A 、 B 带上异种电性的电荷 (AB 间的电场力小于重力), 此时上、下细线受力分别为 $F_{A'}$ 、 $F_{B'}$, 则()

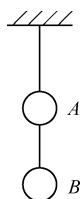


图 1-2-14

- A. $F_A = F_{A'}$, $F_B > F_{B'}$
B. $F_A = F_{A'}$, $F_B < F_{B'}$
C. $F_A < F_{A'}$, $F_B > F_{B'}$
D. $F_A < F_{A'}$, $F_B < F_{B'}$
28. 如图 1-2-15 所示, 挂在绝缘细线下的小轻质带电小球, 由于电荷的相互作用而靠近或远离, 所以()

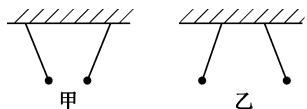


图 1-2-15

- A. 甲图中两球一定带异种电荷
B. 乙图中两球一定带同种电荷
C. 甲图中至少有一个带电
D. 乙图中两球至少有一个带电
29. 如图 1-2-16 所示, A 、 B 两个点电荷的电量分别为 $+Q$ 和 $+q$, 放在光滑绝缘水平面上, A 、 B 之间用绝缘的轻弹簧

连接。当系统平衡时, 弹簧的伸长量为 x_0 。若弹簧发生的均是弹性形变, 则()

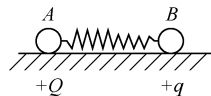


图 1-2-16

- A. 保持 Q 不变, 将 q 变为 $2q$, 平衡时弹簧的伸长量等于 $2x_0$
B. 保持 q 不变, 将 Q 变为 $2Q$, 平衡时弹簧的伸长量小于 $2x_0$
C. 保持 Q 不变, 将 q 变为 $-q$, 平衡时弹簧的缩短量等于 x_0
D. 保持 q 不变, 将 Q 变为 $-Q$, 平衡时弹簧的缩短量小于 x_0
30. 如图 1-2-17 所示, 光滑绝缘半球形的碗固定在水平地面上, 可视为质点的带电小球 1、2 的电荷分别为 Q_1 、 Q_2 , 其中小球 1 固定在碗底 A 点, 小球 2 可以自由运动, 平衡时小球 2 位于碗内的 B 位置处。现在改变小球 2 的带电量, 把它放置在图中 C 位置时也恰好能平衡, 已知 AB 弦是 AC 弦的两倍, 则()

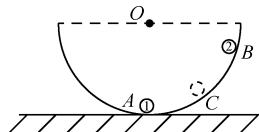


图 1-2-17

- A. 小球在 C 位置时的电量是 B 位置时电量的一半
B. 小球在 C 位置时的电量是 B 位置时电量的四分之一
C. 小球 2 在 B 点对碗的压力大小等于小球 2 在 C 点对碗的压力大小
D. 小球 2 在 B 点对碗的压力大小大于小球 2 在 C 点对碗的压力大小
31. 如图 1-2-18 所示的实验装置为库仑扭秤。细银丝的下端悬挂一根绝缘棒, 棒的一端是一个带电的金属小球 A , 另一端有一个不带电的球 B , B 与 A 所受的重力平衡。当把另一个带电的金属球 C 插入容器并使它靠近 A 时, A 和 C 之间的作用力使悬丝扭转, 通过悬丝扭转的角度可以比较力的大小, 改变 A 和 C 之间的距离 r , 记录每次悬丝扭转的角度, 便可找到力 F 与距离 r 的关系。这一实验中用到了下列哪些物理方法()

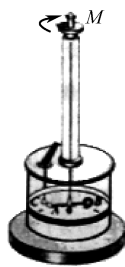


图 1-2-18

- A. 微小量放大法
B. 极限法
C. 比值定义法
D. 控制变量法

32. 如图 1-2-19 半径为 R 的均匀带电细圆环的电荷量为 Q 。在过圆环中心 O 与圆环平面垂直的轴线上放一电荷量为 q 的点电荷, 点电荷到圆环中心的距离为 x 。点电荷受到的库仑力是()

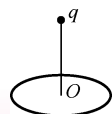


图 1-2-19

- A. $\frac{kQq}{R^2 + x^2}$ B. $\frac{kQq}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$
 C. $\frac{kQqx}{R^2 + x^2}$ D. $\frac{kQqx}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$

高考链接

33. (2014·浙江) 如图 1-2-20 所示, 水平地面上有一个光滑绝缘斜面, 斜面与水平面的夹角为 θ 。一根轻质绝缘细线的一端固定在斜面顶端, 另一端系有一个带电小球 A, 细线与斜面平行。小球 A 的质量为 m , 电量为 q 。小球 A 的右侧固定放置带等量同种电荷的小球 B, 两球心的高度相同、间距为 d 。静电力常量为 k , 重力加速度为 g , 两带电小球可视为点电荷。小球 A 静止在斜面上, 则()

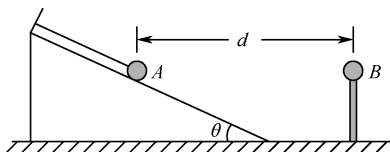


图 1-2-20

- A. 小球 A 与 B 之间库仑力的大小为 $\frac{kq^2}{d^2}$
 B. 当 $\frac{q}{d} = \sqrt{\frac{mgsin\theta}{k}}$ 时, 细线上的拉力为 0
 C. 当 $\frac{q}{d} = \sqrt{\frac{mgtan\theta}{k}}$ 时, 细线上的拉力为 0
 D. 当 $\frac{q}{d} = \sqrt{\frac{mg}{ktan\theta}}$ 时, 斜面对小球 A 的支持力为 0
34. (2013 北京高考) 某原子电离后其核外只有一个电子, 若该电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动, 那么电子运动()
 A. 半径越大, 加速度越大 B. 半径越小, 周期越大
 C. 半径越大, 角速度越小 D. 半径越小, 线速度越小
35. (2013 四川卷) 在探究两电荷间相互作用力的大小与哪些因素有关的实验中, 一同学猜想可能与两电荷的间距和带电量有关。他选用带正电的小球 A 和 B, A 球放在可移动的绝缘座上, B 球用绝缘丝线悬挂于玻璃棒 C 点, 如图 1-2-21 所示。

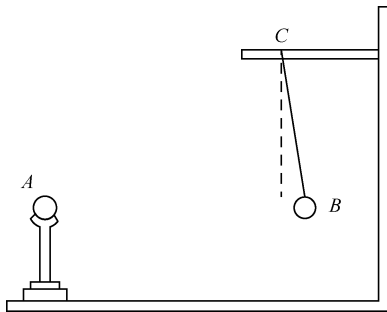


图 1-2-21

实验时, 先保持两球电荷量不变, 使 A 球从远处逐渐向 B 球靠近, 观察到两球距离越小, B 球悬线的偏角越大; 再保持两球距离不变, 改变小球所带的电荷量, 观察到电荷量越大, B 球悬线的偏角越大。

实验表明: 两电荷之间的相互作用力, 随其距离的 _____ 而增大, 随其所带电荷量的 _____ 而增大。此同学在探究中应用的科学方法是 _____ (选填: “累积法”、“等效替代法”、“控制变量法”或“演绎法”)。

巅峰突破

36. 如图 1-2-22 所示, 在光滑的绝缘桌面上, 放置三个电量大小都为 Q 的相同小球 A、B、C (小球可视为质点)。小球间用劲度系数为 K 的两相同轻弹簧连接。当 3 个小球处于静止状态时, 每根弹簧的长度均为 L 。已知静电力常量为 k (不考虑球和弹簧的静电感应), 则每根弹簧的原长可能是()

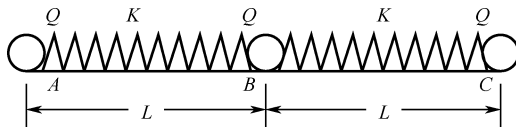


图 1-2-22

- A. $L + \frac{3kQ^2}{4KL^2}$ B. $L - \frac{3kQ^2}{4KL^2}$
 C. $L + \frac{5kQ^2}{2KL^2}$ D. $L - \frac{5kQ^2}{2KL^2}$

第三节 电场强度

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. $E = \frac{F}{q}$ 2. 点电荷电场及匀强电场 3. 电场线及典型电场	1. 知道电荷间的相互作用是通过电场发生的,初步了解场是物质存在的形式之一;理解电场强度及其定义式 $E = \frac{F}{q}$ 2. 知道点电荷的电场及电场强度的表达式 3. 知道电场线以及如何用电场线描述电场的强弱和方向	II

二、知识解析

1. 电场

- (1) 定义:电场是在电荷周围存在的一种物质,它是传递电荷间相互作用的。
- (2) 电场是客观存在的一种特殊物质,并非由分子、原子组成。
- (3) 基本性质:对放入其中的电荷有力的作用,此力称为电场力。
- (4) 电荷间的相互作用是通过电场发生的。

2. 电场强度

(1) 试探电荷。

- ① 作为试探电荷的电荷量应该充分小,放入之后,不致影响原来要研究的电场。
- ② 体积充分小,便于研究电场中各点的情况。

(2) 电场强度。

- ① 定义:放入电场中某一点的电荷受到的电场力跟电荷量的比值叫做该点的电场强度。

② 公式: $E = \frac{F}{q}$

- ③ 物理意义:是描述电场力性质的物理量,与试探电荷受到的电场力无关。

- ④ 公式 $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式,适用于一切电场,但 F 和 q 无法决定电场强度的大小,所以不能说 $E \propto F$, $E \propto \frac{1}{q}$ 。

定义式仅告诉我们一种测量电场强度的方法。电场中某一点的电场强度是唯一的,它与试探电荷无关,它决定于形成电场的电荷及空间位置。

(3) 电场强度是矢量,规定电场中某点的场强方向跟正电荷在该点受到的电场力的方向相同;负电荷在电场中受到的电场力的方向跟该点的场强方向相反。

(4) 点电荷的电场强度。

场源电荷 Q 与试探电荷 q 相距 r ,则它们相互间的库仑力 $F = k \frac{Qq}{r^2} = q \cdot k \frac{Q}{r^2}$,所以电荷 q 处的电场强度为 $E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$ 。(Q 为真空中的点电荷的带电量, r 为该点到点电荷 Q 的距离,适用于真空中的点电荷) 方向:若 Q 为正电荷,场强方向沿 Q 和该点的连线并指向该点;若 Q 为负电荷,场强方向沿 Q 与该点的连线指向 Q 。

说明:由于库仑定律只适用于点电荷的电场,因而 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 也只适用于真空中的点电荷的电场,而定义式 $E = \frac{F}{q}$ 适用于任何电场。

3. 电场的叠加

两个(或两个以上)的点电荷在真空中同时存在时,空间某点的场强 E 等于各点电荷单独存在时在该点产生的场强 E_1 、 E_2 ……的矢量和。 $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$,可根据矢量运算的法则,求出该点的场强 E 。

(1) 同一直线上的两个场强 E_1 、 E_2 的叠加。

若两个场强的方向相同,则合场强 E 的方向与它们的方向相同,合场强的大小等于 E_1 和 E_2 的大小之和;若两个场强的方向相反,则合场强的大小等于 E_1 和 E_2 之差的绝对值,方向跟数值大的场强方向相同。

(2)不在同一直线上的两个场强的叠加,用平行四边形定则求合场强。

4. 电场线

(1)电场线:为了形象地描述电场的大小、方向而引入的假想曲线。(不是电荷的运动轨迹)

(2)电场线的性质。

① 电场线越密的地方,电场强度越大;越稀的地方,电场强度越小。

② 电场线上各点的切线方向与该点处的场强方向相同。

③ 电场线从正电荷出发到负电荷终止,任意两条电场线不相交,也不相切。

④ 沿电场线方向电势降落。

⑤ 电场线与等势面垂直。(④⑤可在学完电势、等势面之后再总结)

(3)匀强电场:电场中各点的场强大小和方向都相同的电场叫匀强电场,匀强电场中的电场线是平行等间距的直线。电荷在匀强电场中受到的电场力的大小和方向都不变,即受到的电场力是恒力,若只受电场力,电荷在匀强电场中将做匀变速运动,轨迹是直线或者抛物线。

(4)几种典型电场的电场线分布。

① 正点电荷的电场如图 1-3-1 甲所示:由正电荷出发,到无穷远处终止。

② 负点电荷的电场如图 1-3-1 乙所示:由无穷远处出发到负电荷终止。

说明:点电荷产生的电场

a. 离点电荷越近,电场线越密,场强越大。

b. 在点电荷形成的电场中,不存在场强相同的点。

c. 若以点电荷为球心作一个球面,电场线处处与球面垂直,在此球面上场强大小处处相等,方向各不相同。

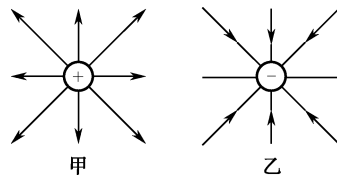


图 1-3-1

③ 等量异种点电荷形成的电场中的电场线的分布情况如图 1-3-2 甲所示,其特点有:

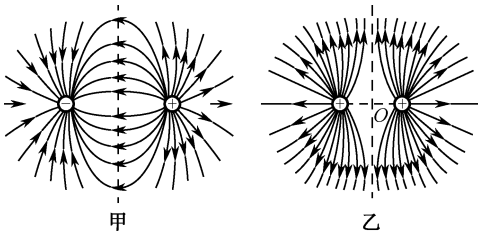


图 1-3-2

a. 两点电荷连线上的各点场强的方向从正电荷指向负电荷,沿电场线方向场强先变小再变大。

b. 两点电荷连线的中垂面(中垂线)上,电场线方向均相同,即场强方向均相同,且总与中垂面(中垂线)垂直。

c. 在中垂面(中垂线)上,与两点电荷连线的中点 O 等距离的各点的场强相同。

④ 等量同种点电荷形成的电场中的电场线的分布情况如图 1-3-2 乙所示,其特点是:

a. 两点电荷连线中点 O 处场强为零,此处无电场线。

b. 两点电荷连线中点 O 附近的电场线非常稀疏,但场强并不为零。

c. 从两点电荷连线中点 O 沿中垂面(中垂线)到无限远,电场线先变密后变疏,即场强先变大后变小。

⑤ 匀强电场及点电荷与带电平板间的电场线分布。(如图 1-3-3 所示)

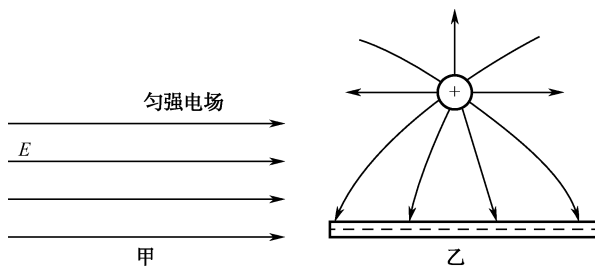


图 1-3-3

三、全能突破

基础演练

- 根据电场强度的定义式 $E = F/q$, 在国际单位制中, 电场强度的单位应是()
A. 牛/库 B. 牛/焦
C. 焦/库 D. 库/牛
- 比值法定义物理量是物理学中一种常用的方法, 下列物理量中属于用比值法定义的是()
A. $s = \frac{at^2}{2}$ B. $T = \frac{2\pi}{\omega}$
C. $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ D. $E = \frac{F}{q}$
- 某学习兴趣小组通过查阅资料发现某示波管工作时, 其内部空间存在如图 1-3-4 所示的电场, 其中实线表示电场线, 方向如图所示, 虚线为对应的等势线, 则下列说法正确的是(不计电子重力)()

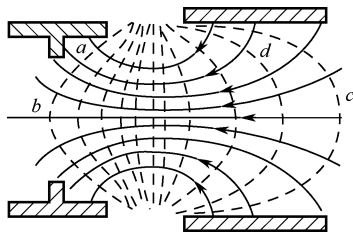


图 1-3-4

- a 点的电场强度与 b 点的电场强度大小相等
 - 两电子分别从 a 、 b 两点移动到 c 点, 电场力对两电子做的功相等
 - 沿 bc 方向射入的电子将做直线运动
 - 将电子由 a 点静止释放, 电子将沿电场线做曲线运动, 经过 d 点
- 如图 1-3-5 所示, 两根等长带电棒放置在第一、二象限, 其端点分别在两坐标轴上, 棒与坐标轴围成等腰直角三角形, 两棒带电量相等, 且电荷均匀分布, 此时 O 点场强大小为 E , 撤去其中一根带电棒后, O 点的电场强度大小变为()

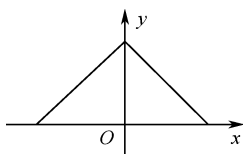


图 1-3-5

- $\frac{E}{2}$
 - $\frac{\sqrt{2}}{2}E$
 - E
 - $\sqrt{2}E$
- 如图 1-3-6 所示, 等量同种正电荷分别固定在 MN 两点。以 M 、 N 连线的中点 O 为中心绘制一个正方形虚线框 $ABCD$, G 、 H 、 E 、 F 分别为各边的中点, 已知无穷远处为零电势点, 则以下判断一定正确的是()

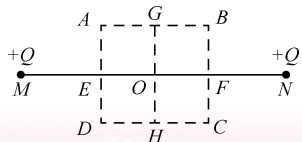
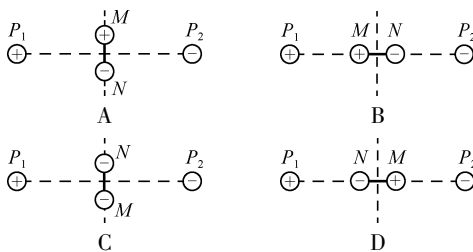


图 1-3-6

- O 点场强为零, 电势为零
 - 由 G 点释放一个负检验电荷(不计重力), 电荷将先加速后减速到达 H 点速度减为零
 - A 点和 B 点电势相等, 场强相同
 - 由 G 点释放一个负检验电荷(不计重力), 电荷向下运动的过程中其加速度先变小后变大
- 光滑绝缘的水平桌面上, 固定着带电量为 $+Q$ 、 $-Q$ 的小球 P_1 、 P_2 , 带电量为 $+q$ 、 $-q$ 的小球 M 、 N 用绝缘细杆相连, 下列哪些图中的放置方法能使 M 、 N 静止(细杆中点均与 P_1P_2 连线中点重合)()



能力提升

- 如图 1-3-7 所示, 一半径为 R 的绝缘环上, 均匀地带有电荷量为 Q 的电荷, 在垂直于圆环平面的对称轴上有一点 P , 它与环心 O 的距离 $OP = L$ 。设静电力常量为 k , 关于 P 点的场强 E , 请你根据所学的物理知识, 通过一定的分析, 判断正确的表达式是()

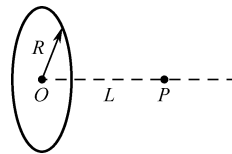


图 1-3-7

- $\frac{kQ}{R^2 + L^2}$
 - $\frac{kQL}{R^2 + L^2}$
 - $\frac{kQR}{\sqrt{(R^2 + L^2)^3}}$
 - $\frac{kQL}{\sqrt{(R^2 + L^2)^3}}$
- 如图 1-3-8 所示, A 、 B 、 C 、 D 为真空中矩形图形的四个顶点, AB 长为 3cm, BC 长为 4cm, 在矩形顶点 A 、 B 、 C 三处各放置一个点电荷 q_A 、 q_B 、 q_C , 其中 q_A 、 q_C 为负电荷, q_B 为正电荷。已知它们的电荷量大小之比为 $q_A : q_B : q_C = 64 : 125 : 27$, 点电荷 q_A 产生的电场在 D 处的场强大小为 E , 则 D 处的合场强大小应为()

图 1-3-8

- $1.25E$
 - $2E$
 - 0
 - $2.5E$
- 如图 1-3-9 所示的是真空中两个点电荷 A 、 B 周围的电场线在某一平面内的分布情况(电场线方向未标出)。图中 O 点为两点电荷连线的中点, MN 为两点电荷连线的中垂线, 电场线的分布关于 MN 左右对称。下列关于图的说法中正确的是()
- 这是两个等量异种电荷周围的电场线分布
 - 这是两个等量同种电荷周围的电场线分布

- C. 这是两个不等量异种电荷周围的电场线分布
D. 这是两个不等量同种电荷周围的电场线分布

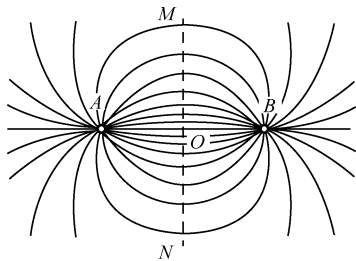


图 1-3-9

10. 英国物理学家法拉第引入了“电场”和“磁场”的概念，并用画电场线和磁感线的方法来描述电场和磁场，为经典电磁学理论的建立奠定了基础。下列相关说法正确的是()
- A. 电荷和电荷、通电导体和通电导体之间的相互作用是通过电场发生的
- B. 磁场和磁极、磁极和通电导体之间的相互作用是通过磁场发生的
- C. 电场线和电场线不可能相交，磁感线和磁感线可能相交
- D. 通过实验可发现电场线和磁感线的存在
11. 某电场区域的电场线如图 1-3-10 所示 a 、 b 是其中一条电场线上的两点，下列说法正确的是()
- A. 负电荷在 a 点受到的电场力一定小于它在 b 点受到的电场力
- B. a 点的场强方向一定沿着 a 点的电场线向右
- C. 正电荷在 a 点受到的电场力一定大于它在 b 点受到的电场力
- D. a 点的场强一定大于 b 点的场强

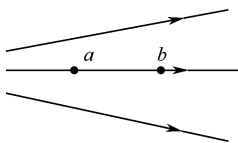


图 1-3-10

12. 真空中 A 、 B 两点与点电荷 Q 的距离分别为 r 和 $3r$ ，则 A 、 B 两点的电场强度大小之比为()
- A. 3:1 B. 1:3 C. 9:1 D. 1:9
13. 物理学中引入了“质点”、“点电荷”、“电场线”等概念，从科学方法上来说属于()
- A. 控制变量 B. 类比
- C. 理想模型 D. 等效替代
14. 两个带电荷量分别为 Q_1 、 Q_2 的质点周围的电场线如图 1-3-11 所示，由图可知()

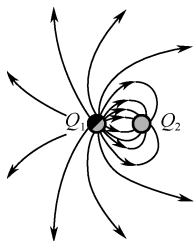
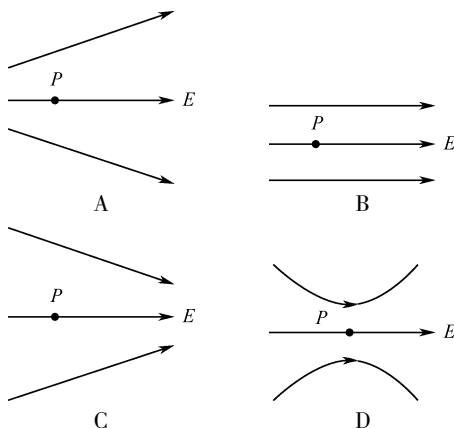


图 1-3-11

- A. 两质点带异号电荷，且 $Q_1 > Q_2$
B. 两质点带异号电荷，且 $Q_1 < Q_2$

- C. 两质点带同号电荷，且 $Q_1 > Q_2$
D. 两质点带同号电荷，且 $Q_1 < Q_2$

15. 在下列四种电场中，某带电粒子从图中 P 点由静止释放，其加速度一定变小的是()



16. 关于电场和电场线的提出，以下说法正确的是()

- A. 库仑提出了电场的概念
B. 法拉第提出了电场的概念
C. 库仑提出用电场线描述电场
D. 法拉第提出用电场线描述电场

17. 如图 1-3-12(a) 所示，直线 MN 是一个点电荷产生的电场中的一条电场线。 a 、 b 是位于电场线上的两个试探电荷，图(b)是这两个试探电荷所受电场力 F 的大小与电荷量 q 的大小关系图像，则()

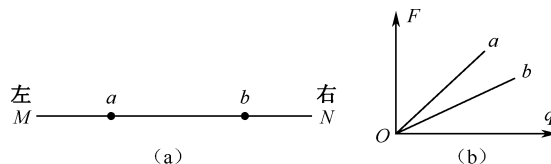


图 1-3-12

- A. 如果场源是正电荷，场源位置在 b 的左侧
B. 如果场源是正电荷，场源位置在 b 的右侧
C. 如果场源是负电荷，场源位置在 a 的左侧
D. 如果场源是负电荷，场源位置在 b 的右侧
18. 如图 1-3-13 所示，一绝缘薄圆盘均匀带电，在圆盘两侧中心轴线上有 A 、 B 两点， A 、 B 到圆盘的距离分别为 a 和 $2a$ ， B 点处有一点电荷，电量为 $-q$ ，若 A 点处的电场强度为零，则()
- A. 圆盘带正电
B. 圆盘带负电
C. 圆盘的带电量等于
D. 圆盘的带电量大于

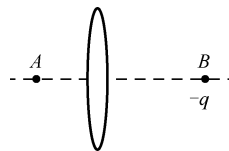


图 1-3-13

19. 万有引力和库仑力都与物体之间的距离平方成反比，因此引力场和电场之间有许多相似的性质，在处理有关问题时可以将它们进行类比。例如电场中反映各点电场强弱的物理量是电场强度，其定义式为 $E = F/q$ 。在引力场中可以有一个类似的物理量用来反映各点引力场的强弱。设地球质量为 M ，半径为 R ，地球表面处重力加速度为 g ，引力常量为 G 。如果一个质量为 m 的物体位

于距地面 $2R$ 处的某点,则下列各式能反映该点引力场强弱的是()

A. $G \frac{M}{(3R)^2}$

B. $G \frac{M}{(2R)^2}$

C. $\frac{g}{4}$

D. $\frac{g}{9}$

20. 如图 1-3-14 所示, a 、 b 是某电场中的一条电场线上的两个点, 一点电荷(自身产生的电场可忽略不计)仅在电场力的作用下, 从 a 点由静止开始运动至 b 点, 其 $v-t$ 图像可能正确的是()

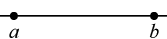
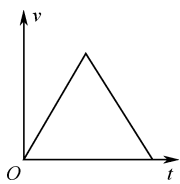
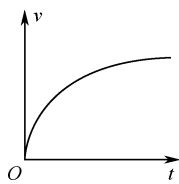


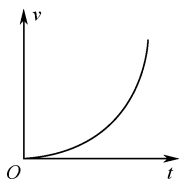
图 1-3-14



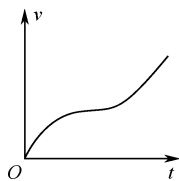
A



B



C



D

21. 如图 1-3-15 所示, 点电荷 $+4Q$ 与 $+Q$ 分别固定在 A 、 B 两点, C 、 D 两点将线段 AB 三等分, 现有一个带负电的粒子从 C 点开始以某一初速度向右运动, 不计粒子的重力, 则该粒子在从 C 向 D 运动过程中的速度大小 v 与时间 t 的关系图可能是()

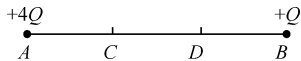
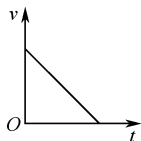
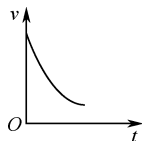


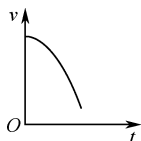
图 1-3-15



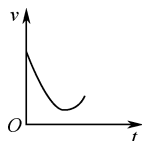
A



B



C



D

22. 如图 1-3-16 所示, 把 $q_1 = +1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的检验电荷放入点电荷 Q 产生的电场中的 P 点, 测得 q_1 所受电场力大小为 $1.0 \times 10^{-6} \text{ N}$, 方向水平向右。 Q 在 P 激发的电场强度为()



图 1-3-16

- A. 1000 N/C 方向水平向右
B. 1000 N/C 方向水平向左
C. 10 N/C 方向水平向右

D. 10 N/C 方向水平向左

23. 如图 1-3-17 甲所示, 粗细均匀的绝缘直杆 AB 和 AC 带有等量的均匀分布的同种电荷, 现把两杆在 A 端相连, 且互相垂直, 则在 BC 连线的中点 O 点的场强大小为 E , 若将同样的绝缘直杆 CD 与 AC 在 C 点相连, 且 CD 和 AC 与 AB 在同一平面内, CD 的带电量与 AB 相同且电荷均匀分布(如图乙所示), 则 O 点的大小可能为()

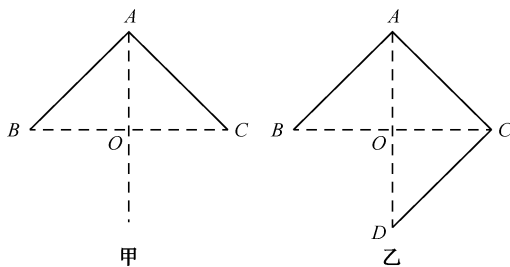


图 1-3-17

- A. $\frac{1}{2}E$ B. $\frac{\sqrt{2}}{2}E$ C. $\frac{3}{2}E$ D. $\frac{\sqrt{10}}{2}E$

24. 如图 1-3-18 所示为一匀强电场的电场线, 下列说法中正确的是()

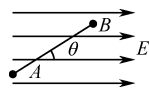


图 1-3-18

- A. A 点场强大于 B 点
B. A 点场强等于 B 点
C. A 、 B 两点场强方向不同
D. A 、 B 两点场强方向相同

25. 如图 1-3-19 所示, A 、 B 两点固定两个等量正点电荷, 在 A 、 B 连线的中点 C 处放一点电荷(不计重力)。若给该点电荷一个初速度, 方向与 AB 连线垂直, 则该点电荷可能的运动情况为()

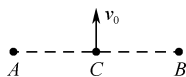


图 1-3-19

- A. 往复直线运动
B. 匀变速直线运动
C. 加速度不断减小, 速度不断增大的直线运动
D. 加速度先增大后减小, 速度不断增大的直线运动

26. 已知均匀带电球体在球的外部产生的电场与一个位于球心的、电荷量相等的点电荷产生的电场相同。如图 1-3-20 所示, 半径为 R 的球体上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷, 在过球心 O 的直线上有 A 、 B 两个点, O 和 B 、 B 和 A 间的距离均为 R 。现以 OB 为直径在球内挖一球球形空腔, 若静电力常量为 k , 球的体积公式为 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, 则 A 点处场强的大小为()

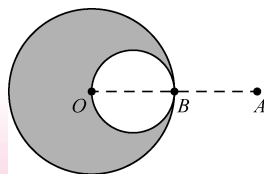


图 1-3-20

A. $\frac{5kQ}{36R^2}$ B. $\frac{7kQ}{36R^2}$ C. $\frac{7kQ}{32R^2}$ D. $\frac{3kQ}{16R^2}$

27. 在真空中, 电量为 q_1 的点电荷产生的电场中有一点 P , P 点与 q_1 的距离为 r , 把一个电量为 q_2 的实验电荷放在 P 点, 它受的静电力为 F , 则 P 点电场强度的大小等于 ()

A. $\frac{F}{q_1}$ B. $\frac{F}{q_2}$ C. $k \frac{q_1}{r^2}$ D. $k \frac{q_2}{r^2}$

28. $N(N > 1)$ 个电荷量均为 $q(q > 0)$ 的小球, 均匀分布在半径为 R 的圆周上, 示意如图 1-3-21. 右移去位于圆周上 P 点的一个小球, 则圆心 O 点处的电场强度大小为 _____, 方向 _____。

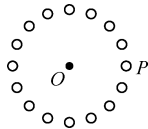


图 1-3-21

29. 如图 1-3-22 所示, 带电量为 $+q$ 的点电荷与均匀带电薄板相距为 $2d$, 点电荷到带电薄板的垂线通过板的几何中心. 若图中 a 点处的电场强度为零, 根据对称性, 带电薄板在图中 b 点处产生的电场强度大小为 _____, 方向 _____。(静电力恒量为 k)

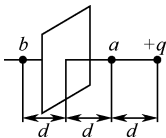


图 1-3-22

高考链接

30. (2014 福建卷) 如图 1-3-23 所示, 真空中 xOy 平面直角坐标系上的 ABC 三点构成等边三角形, 边长 $L = 2.0\text{m}$. 若将电荷量均为 $q = +2.0 \times 10^{-6}\text{C}$ 的两点电荷分别固定在 A 、 B 点, 已知静电力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, 求:

- (1) 两点电荷间的库仑力大小;
(2) C 点的电场强度的大小和方向。

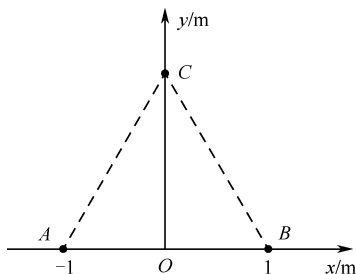


图 1-3-23

31. (2013 安徽高考) 如图 1-3-24 所示, xOy 平面是无穷大导体的表面, 该导体充满 $z < 0$ 的空间, $z > 0$ 的空间为真空. 将电荷为 q 的点电荷置于 z 轴上 $z = h$ 处, 则在 xOy 平面上会产生感应电荷. 空间任意一点处的电场皆是由点电荷 q 和导体表面上的感应电荷共同激发的. 已知静电平衡时导体内部场强处处为零, 则在 z 轴上 $z = \frac{h}{2}$ 处的场强大小为 (k 为静电力常量) ()

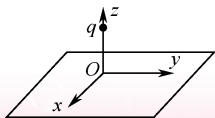


图 1-3-24

A. $k \frac{4q}{h^2}$ B. $k \frac{4q}{9h^2}$ C. $k \frac{32q}{9h^2}$ D. $k \frac{40q}{9h^2}$

32. (福建卷 2010 高考理综) 物理学中有些问题的结论不一定必须通过计算才能验证, 有时只需通过一定的分析就可以判断结论是否正确. 如图 1-3-25 所示为两个彼此平等且共轴的半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环, 两圆环上的电荷量均为 $q(q > 0)$, 而且电荷均匀分布. 两圆环的圆心 O_1 和 O_2 相距为 $2a$, 连线的中点为 O , 轴线上的 A 点在 O 点右侧与 O 点相距为 $r(r < a)$. 试分析判断下列关于 A 点处电场强度大小 E 的表达式 (式中 k 为静电力常量) 正确的是 ()

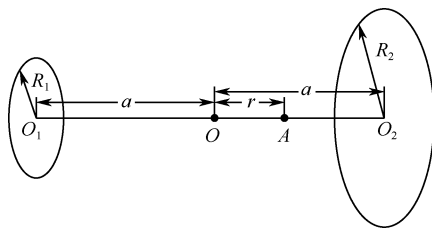


图 1-3-25

A. $E = \left| \frac{kqR_1}{[R_1^2 + (a+r)^2]} - \frac{kqR_2}{[R_2^2 + (a-r)^2]} \right|$
 B. $E = \left| \frac{kqR_1}{[R_1^2 + (a+r)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{kqR_2}{[R_2^2 + (a-r)^2]^{\frac{3}{2}}} \right|$
 C. $E = \left| \frac{kq(a+r)}{[R_1^2 + (a+r)^2]} - \frac{kq(a-r)}{[R_2^2 + (a-r)^2]} \right|$
 D. $E = \left| \frac{kq(a+r)}{[R_1^2 + (a+r)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{kq(a-r)}{[R_2^2 + (a-r)^2]^{\frac{3}{2}}} \right|$

巅峰突破

33. 如图 1-3-26 所示, 电荷 Q 均匀分布在半径为 R 的球面上, 在球上任取一小圆片 B , Q' 点是小圆圆心, 小圆半径 r 远小于大球半径 R , 图中 M 、 N 、 Q' 三点在一条半径上, 非常靠近圆片内外的两点 M 、 N 的场强都可以看做是圆片 B 上电荷产生的场强与剩余球壳 A 上电荷产生场强的叠加而成的, 均匀带电球壳内部的电场强度为零, 在其外部某处产生的场强表达式是 $E = \frac{kQ}{r^2}$, r 是该点到球心的距离, 则球壳表面的场强是 ()

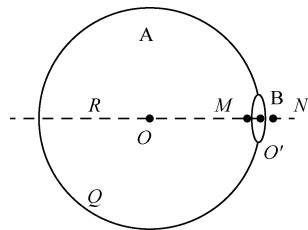


图 1-3-26

A. 0 B. $\frac{kQ}{2R^2}$ C. $\frac{2kQ}{R^2}$ D. $\frac{\pi kQ}{4R^2}$

第四节 电势和电势能

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 电场力做功特点 2. 电势能与电场力做功的关系 3. 电势及等势面	1. 通过实例分析得出电场力做功特点;电场力做功与路径无关 2. 通过类比了解电势能的概念,知道电场力做功是电势能变化的量度 3. 知道电势的概念,知道电势和电场强度是反映电场性质的两个物理量 4. 知道等势面的概念	II

二、知识解析

1. 电场力做功的特点与计算

(1) 电场力做功的特点:在匀强电场中,将一点电荷从 A 点移到 B 点,如图 1-4-1 所示。设 A 、 B 两点沿场强方向相距为 d ,现将 q 分别沿三条不同的路径由 A 移到 B ,可以证明电场力做的功 $W_{AB} = qEd$ 。即电场力做功跟移动电荷的路径无关。

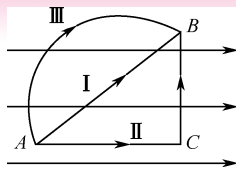


图 1-4-1

(2) 电场力做功的计算方法。

① 由公式 $W = F \cdot s \cdot \cos \theta$ 计算。此公式只适合于匀强电场中,可变形为 $W = qE \cdot s \cdot \cos \theta$ 。

② 由 $W = qU$ 来计算,此公式适用于任何形式的静电场。利用 $W = qU$ 计算电场力的功时可将 q 、 U 的正负号一起代入,计算出 W 的正、负,也可只代入 q 、 U 的绝对值,然后根据电荷的性质,电场力方向和移动方向判断功的正负。

③ 由动能定理来计算: $W_{\text{电场力}} + W_{\text{其他力}} = \Delta E_k$ 。

④ 由电势能的变化计算: $W = E_1 - E_2$ 。

2. 电势能

(1) 定义:电荷在某点的电势能等于静电力把它从该点移动到零势能位置时所做的功。

(电势能的改变量等于电场力做功的多少,即 $W_{AB} = qU_{AB} = E_A - E_B$ 。若 $E_B = 0$,则 $E_A = W_{AB}$)

(2) 理解:

① 电势能的数值是相对的,与电势零点的选取有关。

② 电势能不能作为描述电场性质的物理量,因为电势能的大小、正负都与检验电荷有关。

③ 通常把电荷在离场源电荷无穷远处的电势能规定为零,或把电荷在大地表面上的电势能规定为零。

(3) 电势能大小的比较方法。

1) 场源电荷判断法。

① 场源电荷为正,离场源电荷越近,正检验电荷电势能越大,负检验电荷电势能越小。

② 场源电荷为负,离场源电荷越近,正检验电荷电势能越小,负检验电荷电势能越大。

2) 电场线法。

① 正电荷顺着电场线方向移动,电势能逐渐减小,逆着电场线方向移动,电势能逐渐增大。

② 负电荷顺着电场线方向移动,电势能逐渐增大,逆着电场线方向移动,电势能逐渐减小。

应特别注意,在电场中沿相同的方向移动正电荷和负电荷,电势能的变化是相反的。

3) 做功正负判断法。

无论正、负电荷在什么样的电场中,只要电场力做正功,电荷的电势能一定减小,电场力做负功,即电荷克服电场力做功,电荷的电势能一定增加。

3. 电势

(1) 定义:电荷在电场中某一点的电势能与它电荷量的比值,叫做这一点的电势。如果用 φ 表示电势,用 E_p 表示电荷

q 的电势能, 则 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 。

单位: 在国际单位制中, 电势的单位是伏特, 符号为 V, 在电场中的某一点, 如果电荷量为 1C 的电荷在该点的电势能为 1J, 这一点的电势就是 1V, 即 $1V = 1J/C$ 。

(2) 理解:

① 定义式: $\varphi = \frac{E_p}{q}$ (普遍适用)。决定式: $\varphi = k \frac{Q}{r}$ (适用点电荷电场)。(本公式不作计算要求)

② 电势是标量, 只有大小和正负, 没有方向。空间某处的电势若由几个电荷共同产生, 则该点的电势就等于各电荷单独在该点产生的电势的代数和。电势的正负代表大小, $\varphi_A = +3V, \varphi_B = -5V$, 则 $\varphi_A > 0 > \varphi_B$ 。

③ 电场中某点的电势与零电势的位置选取有关, 一般情况下选取大地或无限远处为零电势位置。这样, 正电荷产生的电势为正, 负电荷产生的电势为负, 电势的正、负和数值与放入的电荷无关。

(3) 电势高低的判断。

① 沿电场线方向电势越来越低。

② 正电荷在电势高处电势能大, 负电荷在电势高处电势能小。

③ 取无穷远处电势为零, 正电荷周围电势为正, 靠近正电荷处电势高; 负电荷周围电势为负值, 靠近负电荷处电势低。

(4) 电势与电势能的关系 (见表 1-4-1)。

表 1-4-1

物理量 项目	电势 φ	电势能 E
物理意义	反映电场能性质的物理量	电荷在电场中的某点时所具有的电势能
大小决定因素	电场中某一点的电势 φ 的大小, 只跟电场本身有关, 跟点电荷 q 无关	电势能是由点电荷 q 和该点电势 φ 共同决定的
正、负意义	电势沿电场线逐渐降低, 取定零电势点后, 某点的电势高于零者, 为正值; 某点的电势低于零者, 为负值	正点电荷 ($+q$): 电势能正负跟电势的正负相同。 负点电荷 ($-q$): 电势能的正负跟电势的正负相反
单位	V	J

(5) 电场强度与电势比较 (见表 1-4-2)。

表 1-4-2

	电场强度 E	电势 φ
1	描述电场的力的性质	描述电场的能的性质
2	电场中某点的场强, 等于放在该点的电荷所受的电场力 F 跟它的电荷量 q 的比值, 即 $E = \frac{F}{q}$, E 在数值上等于单位电荷受到的电场力	电荷在电场中某一点的电势能与它电荷量的比值, 叫做这一点的电势, 即 $\varphi = \frac{E_p}{q}$
3	矢量	标量
4	单位符合: $N/C; V/m$	单位符号: $V (1V = 1J/C)$

4. 等势面

(1) 定义: 电场中电势相等的点构成的面叫等势面。

(2) 特点:

① 电场线总是与等势面垂直, 且从高等势面指向低等势面。

② 电场线越密的地方, 等势面越密。(前提: 相邻两个等势面之间的电势差相等)

③ 沿着等势面移动电荷电场力不做功。

④ 两个电势不等的等势面不能相交。

(3) 常见电场等势面的形状。(图中相邻两个等势面之间的电势差相等)

① 点电荷的电场: 等势面是一系列同心圆球, 如图 1-4-2 所示。

② 等量异种、同种点电荷的电场的等势面比较, 如图 1-4-3 甲乙所示。

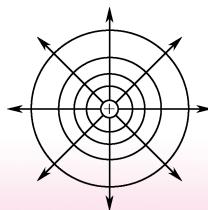


图 1-4-2

③ 匀强电场:等势面是相互平行、间隔相等的一族平面,如图 1-4-4 所示。

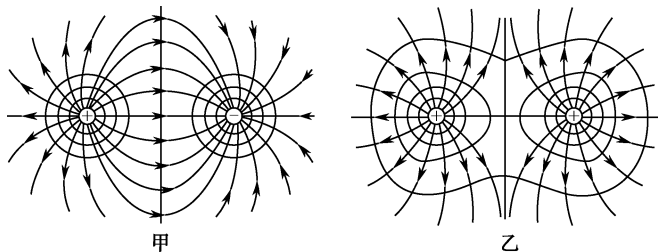


图 1-4-3

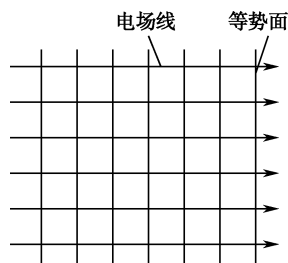


图 1-4-4

三、全能突破

基础演练

1. 将一个正电荷从无穷远处移到电场中 M 点,电势能减少了 $8 \times 10^{-9} \text{ J}$,若将另一等量的负电荷从无穷远处移到电场中 N 点,电势能增加了 $9 \times 10^{-9} \text{ J}$,则下列判断正确的是()
A. $\varphi_N < \varphi_M < 0$ B. $\varphi_M < \varphi_N < 0$
C. $\varphi_N > \varphi_M > 0$ D. $\varphi_M > \varphi_N > 0$
2. 以下几种情况中,不可能存在的是()
A. 电场强度大处且电势高
B. 电场强度大处且电势低
C. 电场强度处处相等且电势也处处相等
D. 电场强度不等且电势相等
3. 如图 1-4-5 所示,在等量正电荷连线的中垂线上取 A 、 B 、 C 、 D 四点, A 、 D 两点与 B 、 C 两点均关于 O 点对称,设各点电势分别为 φ_A 、 φ_B 、 φ_C 、 φ_D 。下列说法正确的是()

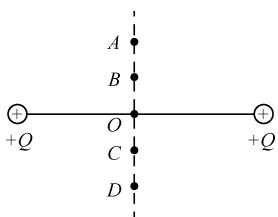


图 1-4-5

- A. $\varphi_A < \varphi_B$, $\varphi_C > \varphi_D$ B. $\varphi_A = \varphi_D$, $\varphi_B = \varphi_C$
 - C. $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi_D$ D. $\varphi_A > \varphi_C$, $\varphi_B > \varphi_D$
4. 对于如图 1-4-6 所示电场中的 A 、 B 、 C 三点,下列判断正确的是()
A. A 点的电势最低
B. B 点的电场强度最大
C. 正电荷在 A 点受到的电场力最大
D. 负电荷在 C 点具有的电势能最大
 5. 一个正点电荷的电场线分布如图 1-4-7 所示, A 、 B 是电场中的两点, E_A 和 E_B 分别表示 A 、 B 两点电场强度的大小, φ_A 、 φ_B 分别表示两点电势的大小,下列说法

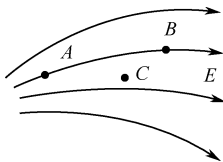


图 1-4-6

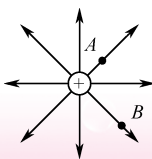


图 1-4-7

正确的是()

- A. $E_A > E_B$ B. $\varphi_A < \varphi_B$ C. $E_A < E_B$ D. $\varphi_A > \varphi_B$

6. 如图 1-4-8 所示,为真空中某一点电荷 Q 产生的电场, a 、 b 分别是其电场中的两点,其中 a 点的场强大小为 E_a ,方向与 a 、 b 连线成 120° 角; b 点的场强大小为 E_b ,方向与 a 、 b 连线成 150° 角。一带负电的检验电荷 q 在场中由 a 运动到 b ,则()

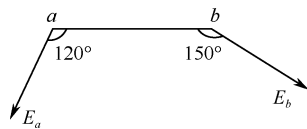


图 1-4-8

- A. a 、 b 两点场强大小 $E_a:E_b = 3:1$
 - B. q 在 a 、 b 两点的电势能比较大
 - C. a 、 b 两点电势相比较 $\varphi_a < \varphi_b$
 - D. q 在 a 、 b 两点受到的电场力大小之比 $F_a:F_b = 1:3$
7. 如图 1-4-9 所示,真空中有两个等量异种点电荷 A 、 B , M 、 N 、 O 是 AB 连线垂线上的点,且 $BO > AO$ 。一质子仅在电场力作用下,其运动轨迹如图中实线所示。设 M 、 N 两点的场强大小分别为 E_M 、 E_N ,电势分别为 φ_M 、 φ_N 。下列判断中正确的是()
A. A 点电荷一定带正电
B. $E_M > E_N$
C. $\varphi_M > \varphi_N$
D. 若质子从 N 运动到 M ,电场力做正功
 8. 一电场的等势面如图 1-4-10 中虚线所示,一带电粒子以某一初速度从图中 A 点沿图示方向进入电场,若粒子只受电场力作用,则从 A 点开始,()

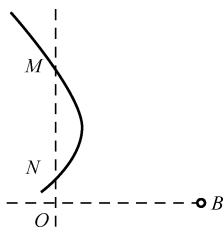


图 1-4-9

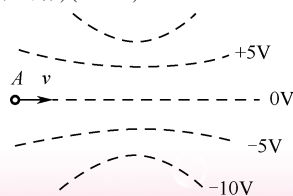


图 1-4-10

- A. 无论正负, 粒子总是做直线运动
 B. 无论正负, 粒子的电势能总是先变大
 C. 无论正负, 粒子的电势能总是先变小
 D. 粒子的电势能的变化与粒子所带电的电性有关

9. 如图 1-4-11 甲所示, 在 x 轴上有一个点电荷 Q (图中未画出), A 、 B 为轴上两点。放在 A 、 B 两点的试探电荷受到的电场力跟试探电荷所带电荷量的关系如图乙所示。以 x 轴的正方向为电场力的正方向, 则()

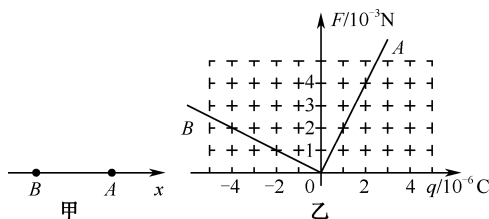


图 1-4-11

- A. 点电荷 Q 一定为正电荷
 B. 点电荷 Q 在 A 、 B 之间
 C. A 点的电场强度大小为 $2 \times 10^3 \text{ N/C}$
 D. A 点的电势比 B 点的电势低
10. 如图 1-4-12 所示, 一个由绝缘材料做成的曲线环水平放置, OAB 为环的对称轴, A 点位于环内, B 点位于环外。在 A 、 B 两点分别固定两个点电荷 Q_A 和 Q_B , 已知 A 点固定的电荷为正电荷, 一个带正电的小球 P 穿在环上, 可沿环无摩擦滑动。给小球 P 以一定的初始速度, 小球恰好沿环匀速率运动, 下列判断中正确的是()

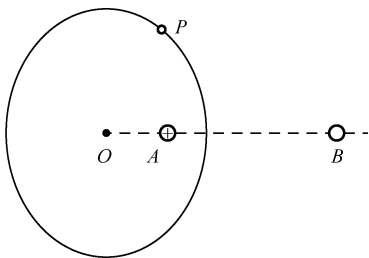


图 1-4-12

- A. B 点固定的电荷 Q_B 一定为正电荷
 B. B 点固定的电荷 Q_B 一定为负电荷
 C. Q_A 和 Q_B 产生的电场, 在环上的电场强度处处相等
 D. Q_A 和 Q_B 产生的电场, 在环上的电势处处相等
11. 如图 1-4-13 所示, 正方形 $ABCD$ 处于真空中一对等量异种点电荷形成的电场中, 点电荷和正方形共面, 已知 AC 连线为电场中的一条等势线 (图中未画出), 下列分析正确的是()
- A. B 、 D 两点场强大小一定相等
 B. B 、 D 两点场强方向一定相同
 C. B 、 D 两点电势可能相等
 D. A 、 C 两点场强大小一定相等

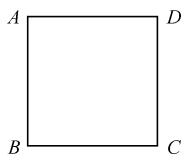


图 1-4-13

能力提升

12. 假设空间某一静电场的电势 φ 随 x 变化情况如图 1-4-14 所示, 根据图中信息可以确定下列说法中正确的是()

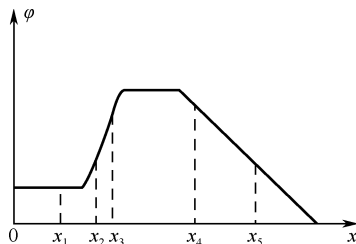


图 1-4-14

- A. 空间各点场强的方向均与 x 轴垂直
 B. 将电荷沿 x 轴从 0 移到 x_1 的过程中, 电荷做匀加速直线运动
 C. 正电荷沿 x 轴从 x_2 移到 x_3 的过程中, 电场力做正功, 电势能减小
 D. 负电荷沿 x 轴从 x_4 移到 x_5 的过程中, 电场力做负功, 电势能增加
13. 如图 1-4-15 所示, 一半径为 R 的均匀带正电圆环水平放置, 环心为 O 点, 在 O 正上方 h 高位置的 A 点与 A' 关于 O 对称。质量为 m 的带正电的小球从 A 点静止释放, 并穿过带电环。则小球从 A 点到 A' 过程中加速度 (a)、重力势能 (E_{pG})、机械能 (E)、电势能 ($E_{p电}$) 随位置变化的图像可能正确的是 (取 O 点为坐标原点且重力势能为零, 向下为正方向, 无限远电势为零) ()

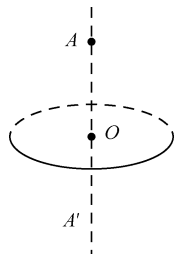
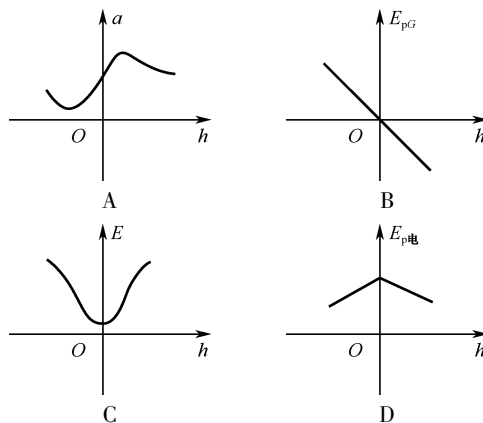


图 1-4-15



14. 如图 1-4-16 所示, 实线表示某静电场的电场线, 虚线表示该电场的等势面, 下列判断正确的是()
- A. 1、2 两点的场强相等
 B. 1、3 两点的场强相等
 C. 1、2 两点的电势相等
 D. 2、3 两点的电势相等

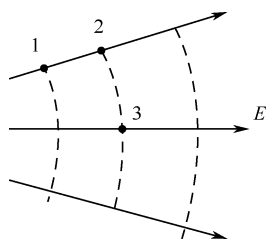


图 1-4-16

15. x 轴上有两个点电荷 Q_1 和 Q_2 , Q_1 和 Q_2 之间连线上各点电势高低如图 1-4-17 曲线所示, 选无穷远处电势为零, 从图中可以看出()

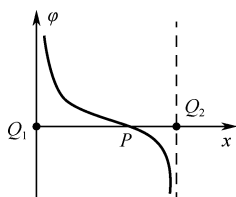


图 1-4-17

- A. Q_1 的电荷量小于 Q_2 的电荷量
 B. Q_1 和 Q_2 一定是异种电荷
 C. P 处的电场强度为零
 D. Q_1 和 Q_2 之间连线上各点电场强度方向都指向 Q_2
16. 一对等量正点电荷电场的电场线(实线)和等势线(虚线)如图 1-4-18 所示, 则关于图中 A 、 B 两点电场强度 E_A 、 E_B 与电势 φ_A 、 φ_B 大小的判断正确()

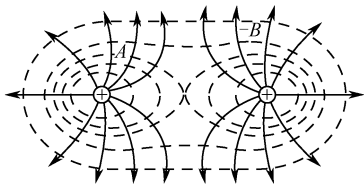


图 1-4-18

- A. $E_A > E_B$, $\varphi_A > \varphi_B$
 B. $E_A > E_B$, $\varphi_A < \varphi_B$
 C. $E_A < E_B$, $\varphi_A > \varphi_B$
 D. $E_A < E_B$, $\varphi_A < \varphi_B$
17. 一对等量正点电荷电场的电场线(实线)和等势线(虚线)如图 1-4-19 所示, 在两电荷的电场中 A 、 B 两点关于两点电荷连线的垂直平分线 OO' 对称, 下列说法正确的是()

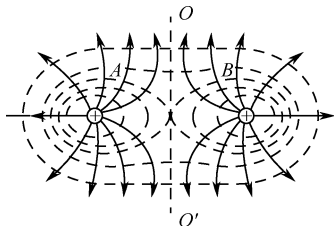
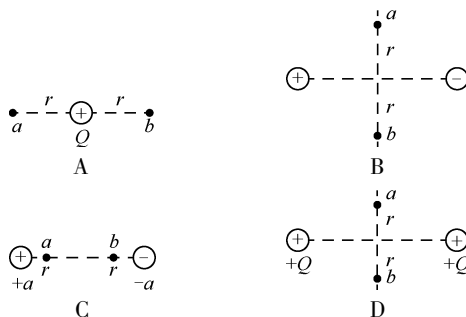


图 1-4-19

- A. A 、 B 两点的电场强度相同
 B. A 、 B 两点的电势相同
 C. 将正电荷由 A 移到 B 电场力做正功
 D. 带相同电荷量的负电荷在 A 点的电势能大于正电荷在 A 点的电势能

18. 下列四个电场中, 均有相互对称分布的 a 、 b 两点。其中电势和场强都相同的是()



19. 一带电粒子仅在电场力的作用下从 A 点运动到 B 点, 其速度随时间变化图像如图 1-4-20 所示, 则不正确的是()

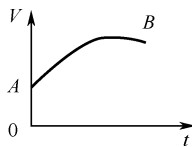


图 1-4-20

- A. A 点的场强大于 B 点的场强
 B. A 点的电势一定比 B 点的电势高
 C. 粒子在 A 点的电势能一定大于在 B 点的电势能
 D. 电场力一定对粒子做正功
20. 如图 1-4-21 所示的直线是真空中某电场的一条电场线, A 、 B 是这条直线上的两点, 一带正电粒子以速度 v_A 经过 A 点向 B 点运动, 经过一段时间后, 粒子以速度 v_B 经过 B 点, 且 v_B 与 v_A 方向相反, 不计粒子重力, 下面说法正确的是()



图 1-4-21

- A. A 点的场强一定大于 B 点的场强
 B. A 点的电势可能高于 B 点的电势
 C. 粒子在 A 点的速度可能小于在 B 点的速度
 D. 粒子在 A 点的电势能一定小于在 B 点的电势能
21. 在某点电荷产生的电场中, 以该电荷为球心的球面上, 各点相同的物理量为()
- A. 电场强度
 B. 同一电荷受到的电场力
 C. 电势
 D. 同一电荷具有的电势能
22. 如图 1-4-22 所示, 在两等量异种点电荷的电场中, MN 为两电荷连线的中垂线, a 、 b 、 c 三点所在直线平行于两电荷的连线, 且 a 与 c 关于 MN 对称, b 点位于 MN 上, d 点位于两电荷的连线上。以下判断正确的是()
- A. b 点场强大于 d 点场强
 B. b 点场强等于 d 点场强
 C. a 、 b 两点的电势差等于 b 、 c 两点间的电势差
 D. 试探电荷 $+q$ 在 a 点的电势能小于在 c 点的电势能

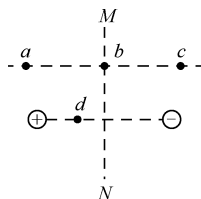


图 1-4-22

23. 如图 1-4-23 所示,真空中以 O 点为圆心、 Oa 为半径的圆周上等间距分布 a, b, c, d, e, f, g, h 八个点, a, e 两点放置等量正点电荷,则下列说法正确的是()
- A. b, d, f, h 四点的电场强度相同
- B. b, d, f, h 四点的电势相等
- C. 在 c 点静止释放一个电子,电子将沿 cg 连线向 O 点做匀加速直线运动
- D. 将一电子由 b 点沿 bcd 圆弧移到 d 点,电子的电势能先增大后减小

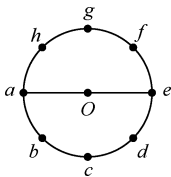


图 1-4-23

24. 如图 1-4-24 所示,某区域电场线左右对称分布, M, N 为对称线上的两点。下列说法正确的是()

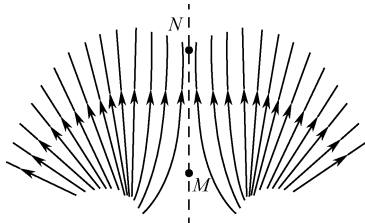


图 1-4-24

- A. M 点电势一定低于 N 点电势
- B. M 点场强一定大于 N 点场强
- C. 正电荷在 M 点的电势能大于在 N 点的电势能
- D. 将电子从 M 点移到 N 点,电场力做负功
25. 如图 1-4-25 所示,水平面上有一边长为 L 的正方形,其 a, b, c 三个顶点上分别放置了三个等量的正点电荷 Q ,将另一个正点电荷 q 分别放在正方形中心点 O 点和正方形的另一个顶点 d 点处,先后两放置情景相比,以下正确的叙述有()
- A. q 在 d 点所受的电场力较大
- B. q 在两点所受的电场力方向相同
- C. q 在 O 点所具有的电势能较大
- D. d 点的电势高于 O 点的电势

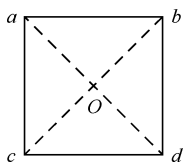
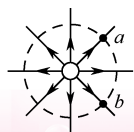
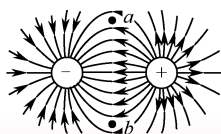


图 1-4-25

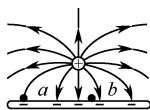
26. 在下列四种电场中,分别标记有 a, b 两点。其中 a, b 两点的电势相等,电场强度大小相等、方向也相同的是()

 a, b 两点与场源电荷等距

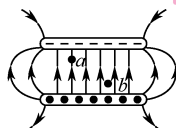
A

 a, b 两点在两等量异种电荷连线的中垂线上且与连线等距

B

 a, b 两点在点电荷与带电平板形成的电场中平板上表面处

C

 a, b 两点在匀强电场中分别靠近负、正极板处

D

27. 如图 1-4-26 所示,带等量异种电荷,质量分别为 m_1 和 m_2 的两个小球 A, B ,通过绝缘轻弹簧相连接,置于绝缘光滑的水平面上。当突然加一水平向右的匀强电场后,两小球 A, B 将由静止开始运动,在以后的运动过程中,对两个小球和弹簧组成的系统(设整个过程中不考虑电荷间库仑力的作用且弹簧不超过弹性限度),以下说法正确的是()

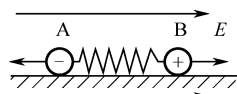


图 1-4-26

- A. 两个小球所受电场力合力为零,系统机械能守恒
- B. 电场力对 A, B 两球均做正功,系统机械能不断增加
- C. 当弹簧长度达到最大值时,系统动能最大
- D. 当小球所受电场力与弹簧的弹力相等时,系统动能最大
28. 在场强大小为 E 的匀强电场中,一质量为 m 、带电量为 q 的物体以某一初速沿电场反方向做匀减速直线运动,其加速度大小为 $0.8qE/m$,物体运动 s 距离时速度变为零。则()
- A. 物体克服电场力做功 qEs
- B. 物体的电势能减少了 $0.8qEs$
- C. 物体的电势能增加了 qEs
- D. 物体的动能减少了 $0.8qEs$

高考链接

29. (2014 年安徽卷)一带电粒子在电场中仅受静电力作用,做初速度为零的直线运动。取该直线为 x 轴,起始点 O 为坐标原点,其电势能 E_p 与位移 x 的关系如图 1-4-27 所示。

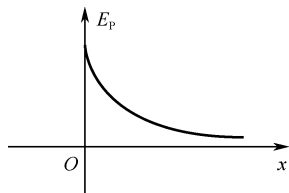
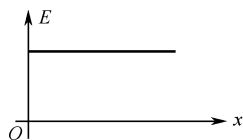


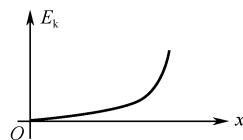
图 1-4-27

下列图像中合理的是()



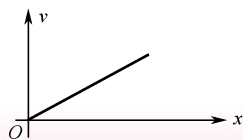
电场强度与位移关系

A



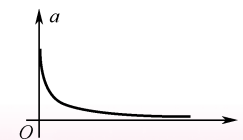
粒子动能与位移关系

B



粒子速度与位移关系

C



粒子加速度与位移关系

D

30. (2014 海南卷) 如图 1-4-28(a), 直线 MN 表示某电场中一条电场线, a 、 b 是线上的两点, 将一带负电荷的粒子从 a 点处由静止释放, 粒子从 a 运动到 b 过程中的 $v-t$ 图线如图(b)所示, 设 a 、 b 两点的电势分别为 φ_a 、 φ_b , 场强大小分别为 E_a 、 E_b , 粒子在 a 、 b 两点的电势能分别为 W_a 、 W_b , 不计重力, 则有()

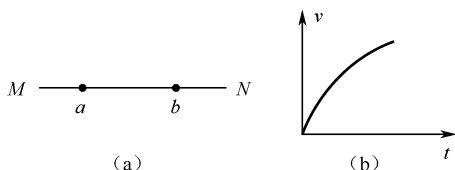


图 1-4-28

- A. $\varphi_a > \varphi_b$ B. $E_a > E_b$
C. $E_a < E_b$ D. $W_a > W_b$
31. (2013 年山东) 如图 1-4-29 所示, 在 x 轴上相距为 L 的两点固定两个等量异种点电荷 $+Q$ 、 $-Q$, 虚线是以 $+Q$ 所在点为圆心、 $\frac{L}{2}$ 为半径的圆, a 、 b 、 c 、 d 是圆上的四个点, 其中 a 、 c 两点在 x 轴上, b 、 d 两点关于 x 轴对称。下列判断正确的是()

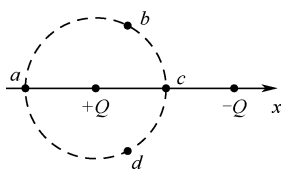


图 1-4-29

- A. b 、 d 两点处的电势相同
B. 四点中 c 点处的电势最低
C. b 、 d 两点处的电场强度相同
D. 将一试探电荷 $+q$ 沿圆周由 a 点移至 c 点, $+q$ 的电势能减小

巅峰突破

32. 如图 1-4-30 所示为一个半径为 R 的均匀带电圆环, 其单位长度带电量为 η 。取环面中心 O 为原点, 以垂直于环面的轴线为 x 轴。设轴上任意点 P 到 O 点的距离为 x , 以无限远处为零势点, P 点电势的大小为 φ 。下面给出 φ 的四个表达式(式中 k 为静电力常量), 其中只有一个是合理的。你可能不会求解此处的电势 φ , 但是你可以通过一定的物理分析, 对下列表达式的合理性判断。根据你的判断, φ 的合理表达式应为()

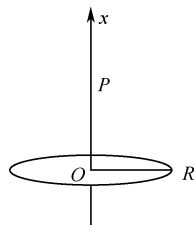


图 1-4-30

- A. $\varphi = \frac{2\pi Rk}{\sqrt{R^2 + x^2}}\eta$
B. $\varphi = \frac{2\pi Rk}{\sqrt{R^2 + x^2}}$
C. $\varphi = \frac{2\pi Rk}{\sqrt{R^2 - x^2}}\eta$
D. $\varphi = \frac{2\pi Rk}{\sqrt{R^2 + x^2}}\eta x$

第五节 电势差

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
电势差与电场力做功之间的关系	1. 理解电势差,知道电势差与电场力做功的关系 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 2. 会用公式 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ 及 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 进行有关计算	II

二、知识解析

电势差

(1) 定义:电场中两点间电势的差值叫做电势差,即 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ 。

(2) 理解:电势差是标量,只决定于 A 、 B 两点在电场中的位置。 $U_{AB} = -U_{BA}$ 。

(3) 静电力做功 W_{AB} 与电势差 U_{AB} 之间的关系: $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ (适用于一切电场)。

推导过程: $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB} = q\varphi_A - q\varphi_B = q(\varphi_A - \varphi_B) = qU_{AB}$ 。

三、全能突破

基础演练

- 如果在某电场中,将电荷量为 q 的点电荷从 A 点移至 B 点,电场力所做的功为 W ,那么 A 、 B 两点间的电势差 U 为, ()
 A. $\frac{1}{qW}$ B. $\frac{W}{q}$ C. $\frac{q}{W}$ D. qW
- 如图 1-5-1 所示,质量为 m ,带电量为 q 的粒子,以初速度 v_0 ,从 A 点竖直向上射入真空中的沿水平方向的匀强电场中,粒子通过电场中 B 点时,速率 $v_B = 2v_0$,方向与电场的方向一致,则 A 、 B 两点的电势差为 ()

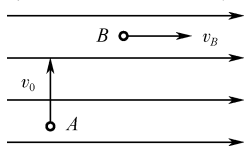


图 1-5-1

- A. $\frac{mv_0^2}{2q}$ B. $\frac{3mv_0^2}{q}$ C. $\frac{2mv_0^2}{q}$ D. $\frac{3mv_0^2}{2q}$
- 下列说法中正确的是 ()
 A. 电势差和电势一样,是相对量,与参考零点的选择有关
 B. 电势差是一个标量,但是有正值和负值之分
 C. 由于静电力做功跟电荷移动的路径无关,所以电势差也跟移动电荷的路径无关,只跟这两点的位置有关
 D. A 、 B 两点的电势差是恒定的,不随零势面的不同而改

变,所以 $U_{AB} = U_{BA}$

- 关于电势差的计算公式,下列说法中正确的是 ()
 A. $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 中, U_{AB} 与移动电荷的电荷量无关
 B. 把正电荷从 A 点移到 B 点电场力做正功,则有 $U_{AB} > 0$
 C. 由 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 可知, U_{AB} 与电场力做的功 W_{AB} 成正比,与移动电荷的电荷量 q 成反比
 D. 电场中 A 、 B 两点间的电势差 U_{AB} 等于把正电荷 q 从 A 点移到 B 点时电场力所做的功
- 将单位正电荷从电场的点 A 移到点 B ,电场力做的功是 6J,则 A 、 B 两点的电势差是 ()
 A. +6V B. -6V
 C. 正负无法确定 D. 大小无法确定
- 比值定义物理量是物理中常见的一种定义方式,下列物理量的表达式不符合这一思想的是 ()
 A. 电场强度 $E = \frac{F}{q}$ B. 电势差 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$
 C. 电势差 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ D. 电势差 $\varphi = \frac{E_p}{q}$

能力提升

- A 、 B 在两个等量异种点电荷连线的中垂线上,且到连线的距离相等,如图 1-5-2 所示,则 ()

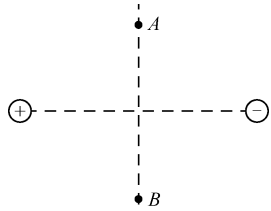


图 1-5-2

- A. A 、 B 两点的场强大小相等方向相同
 B. 同一点电荷在 A 、 B 两点的电势能相等
 C. 把正电荷从 A 点移到 B 点, 电势能先减小后增大
 D. A 、 B 两点的连线上任意两点的电势差为零
8. 关于电势差的说法中, 正确的是()
 A. 在两点间移动电荷时, 电场力做功的多少跟这两点间的电势差无关
 B. 1C 的负电荷在电场中从 a 移动到 b , 若电场力做了 1J 的功, 这两点间的电势差就是 1V
 C. 两点间电势差的数值等于单位正电荷从其中一点移到另一点时, 电场力所做的功
 D. 两点间的电势差的大小跟放入这两点的电荷的电荷量成反比
9. 在静电场中, A 、 B 两点的电势差 $U_{AB} < 0$, 那么将一负电荷从 A 移到 B 的过程中()
 A. 电场力做正功, 电势能减少
 B. 电场力做正功, 电势能增加
 C. 电场力做负功, 电势能增加
 D. 电场力做负功, 电势能减少
10. 下列说法中正确的是()
 A. 电势差是一个矢量, 所以正值和负值表示方向
 B. A 、 B 两点间的电势差与零电势点的选取有关
 C. 沿电场线的方向, 电势逐渐降低
 D. 电场中某点的电势和放入该点的电荷的电性、电量有关
11. 如图 1-5-3 所示, 绝缘水平面上固定一正点电荷 Q , 另一质量为 m 、电荷量为 $-q$ ($q > 0$) 的滑块(可看做点电荷)从 a 点以初速度 v_0 沿水平面向 Q 运动, 到达 b 点时速度减为零。已知 a 、 b 间距离为 s , 滑块与水平面间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度为 g 。以下判断正确的是()

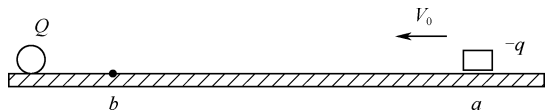


图 1-5-3

- A. 滑块在运动过程中所受 Q 的库仑力有可能大于滑动摩擦力
 B. 滑块在运动过程的中间时刻, 速度的大小等于 $\frac{v_0}{2}$
 C. 此过程中产生的内能为 $\frac{mv_0^2}{2}$
 D. Q 产生的电场中, a 、 b 两点间的电势差

$$\text{为 } \frac{m(v_0^2 - 2\mu gs)}{2q}$$

12. 两个等量异种点电荷的连线和其中垂线上有 a 、 b 、 c 三点, 如图 1-5-4 所示, 下列说法正确的是()

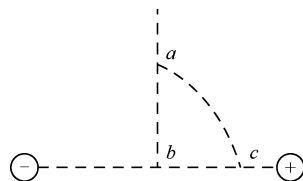


图 1-5-4

- A. a 点电势比 b 点高
 B. a 、 b 两点场强方向相同, b 点场强比 a 点大
 C. b 点电势比 c 点高, 场强方向相同
 D. 一个电子仅在电场力作用下不可能沿如图曲线轨迹从 a 点运动到 c 点
13. 如图 1-5-5 所示, 虚线 1、2、3、4 为静电场中的等势面, 相邻的等势面之间的电势差相等, 其中等势面 2 的电势为零。一带正电的点电荷在静电力的作用下运动, 经过 a 、 b 两点时的动能分别为 30eV 和 6eV, 当这一点电荷运动到某一位置, 其电势能变为 8eV 时, 它的动能应为()

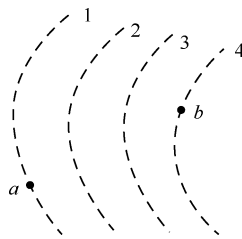


图 1-5-5

- A. 14eV B. 13eV C. 20eV D. 12eV
14. 一带电粒子射入一固定在 O 点的点电荷的电场中, 粒子运动的轨迹如图 1-5-6 虚线所示, 图中实线是同心圆弧, 表示电场的等势面, 不计重力, 可以判断()

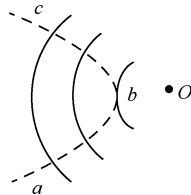


图 1-5-6

- A. 此粒子由 a 到 b , 电场力做正功, 由 b 到 c , 粒子克服电场力做功
 B. 粒子在 b 点的电势能一定小于在 a 点的电势能
 C. 等势面 a 比等势面 b 的电势高
 D. 粒子在 c 点的速度和在 a 点的速度大小相等
15. 如图 1-5-7 所示, 长为 L , 倾角为 θ 的光滑绝缘斜面处于电场中, 一带电量为 $+q$, 质量为 m 的小球, 以初速度 v_0 由斜面底端的 A 点开始沿斜面上滑, 到达斜面顶端的速度仍为 v_0 , 则以下说法正确的是()
 A. A 、 B 两点的电势差一定为 $\frac{mgL\sin\theta}{q}$

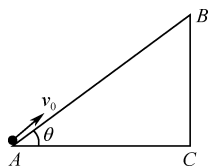


图 1-5-7

- B. 小球在 B 点的电势能一定大于小球在 A 点的电势能
 C. 若电场是匀强电场, 则该电场的场强的最小值一定是 $\frac{mgsin\theta}{q}$
 D. 若该电场是斜面中点正上方某点的点电荷 Q 产生的, 则 Q 一定是负电荷
16. 如图 1-5-8 所示, A 、 B 为等量异种点电荷, A 带正电, B 带负电, 在 AB 连线上有 a 、 b 、 c 三点, b 为连线的中点, $ab = bc$, 则()

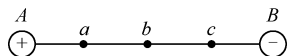


图 1-5-8

- A. a 点与 c 点的电场强度相等
 B. a 点与 c 点的电势相同
 C. a 、 b 间的电势差与 b 、 c 间的电势差相等
 D. 点电荷 q 沿 A 、 B 连线的中垂线移动, 电场力不做功
17. 如图 1-5-9 所示, 在重力加速度为 g 的空间, 有一个带电荷量为 $+Q$ 的场源电荷置于 O 点, B 、 C 为以 O 为圆心、半径为 R 的竖直圆周上的两点, A 、 B 、 O 在同一竖直线上, $AB = R$, O 、 C 在同一水平线上。现在有一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的有孔小球, 沿光滑绝缘细杆 AC 从 A 点由静止开始滑下, 滑至 C 点时速度的大小为 v , 下列说法正确的是()

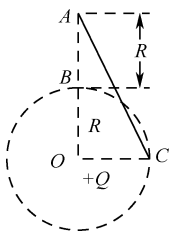


图 1-5-9

- A. 从 A 到 C 小球做匀变速运动
 B. B 、 A 两点间的电势差为 $\frac{mgR}{2q}$
 C. 从 A 到 C 小球的机械能守恒
 D. 若从 A 点自由释放, 则下落在 B 点时的速度大小为 $\sqrt{3gR}$
18. 一带正电的粒子仅在电场力作用下从 A 点经 B 、 C 点运动到 D 点, 其 $v-t$ 图像如图 1-5-10 所示, 则下列说法中正确的是()
- A. A 点的电场强度一定大于 B 点的电场强度
 B. 粒子在 A 点的电势能一定大于在 B 点的电势能
 C. CD 间各点电场强度和电势都为零
 D. AB 两点间的电势差大于 CB 两点间的电势差

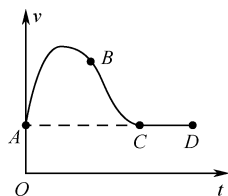


图 1-5-10

19. 在电场中 A 、 B 两点间的电势差为 $U_{AB} = 75V$, B 、 C 两点间的电势差为 $U_{BC} = -200V$, 则 A 、 B 、 C 三点电势高低关系为()
- A. $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$
 B. $\varphi_A < \varphi_C < \varphi_B$
 C. $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$
 D. $\varphi_C > \varphi_B > \varphi_A$
20. 如图 1-5-11 所示, 在点电荷 $-Q$ 的电场中, M 、 N 是两个等势面。现将一点电荷 $+q$, 从 a 点分别经路径①和路径②(经过 c 点)移到 b 点, 在这两个过程中()

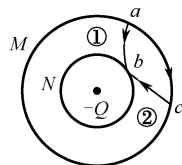


图 1-5-11

- A. 都是电场力做功, 沿路径①做的功比沿路径②做的功少
 B. 都是电场力做功, 沿路径①做的功等于沿路径②所做的功
 C. 都是克服电场力做功, 沿路径①做的功小于沿路径②做的功
 D. 都是克服电场力做功, 沿路径①做的功等于沿路径②做的功
21. 在图 1-5-12 中, 虚线表示电场中的等势面, 相邻两等势面间的电势差相等, 有一带正电的粒子在电场中运动, 轨迹如图中实线所示。不计重力, 粒子在 a 点时的动能为 $20eV$, 运动到 b 点时, 动能为 $2eV$, 取 c 点为零势点, 则粒子的电势能为 $-6eV$ 时, 它的动能为()

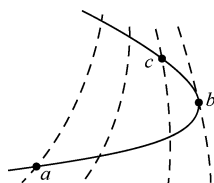


图 1-5-12

- A. $16eV$
 B. $14eV$
 C. $6eV$
 D. $4eV$
22. 如图 1-5-13 所示, 在绝缘水平面上相距为 l 的 AB 两点处分别固定着两个等量正电荷, a 、 b 是 AB 连线上两点, $Aa = Bb = \frac{l}{4}$, O 为 AB 连线中点。一质量为 m 带正电 q 质点以初动能 E_0 , 从 a 出发沿直线向 b 点运动, 第一次滑到 O 点时动能 $2E_0$ 为, 到 b 点的动能恰好为 0 , 重力加速度为 g , 则()
- A. 质点与水平面动摩擦因数为 $\mu = \frac{E_0}{mgl}$

B. $O、b$ 两点间电势差 $U_{ob} = -\frac{3E_0}{q}$

C. $O、b$ 两点间电势差为 $U_{ob} = -\frac{3E_0}{2q}$

D. 小滑块运动总路程 $2l$

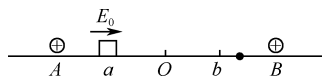


图 1-5-13

23. 如图 1-5-14 所示,水平固定的小圆盘 A 带正电,带电量为 Q ,从盘心处 O 释放一个质量为 m 、带电量为 $+q$ (q 远小于圆盘带电量) 的小球,由于电场力的作用,小球竖直上升的最大高度可达盘中心竖直线上的 C 点,已知 $OC = h$,且圆盘 A 的电势为零。又知道过竖直线 B 点时小球的速度最大,研究圆盘形成的电场,则下列说法正确的是()

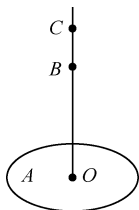


图 1-5-14

- A. 可以算出 B 点的电势
B. 可以算出小球在 C 点的受到的电场力
C. 可以算出 B 点的场强
D. 可以算出 BC 间的电势差
24. 电量为 $q = -2 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的电荷从电场中 a 点运动到 b 点时,电场力做功 $1.5 \times 10^{-7} \text{ J}$,从 b 点移动到 c 点时克服电场力做功 $4.0 \times 10^{-7} \text{ J}$ 。则 $a、c$ 两点间的电势差 $U_{ac} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。
25. 如图 1-5-15 所示, $A、B、C$ 为一条电场线上的三点,以 A 点为电势零点,一个质子从 A 点移到 B 点和 C 点静电力分别做功 $3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$ 和 $9.6 \times 10^{-19} \text{ J}$,则电场线的方向 $\underline{\hspace{2cm}}$, $B、C$ 两点的电势差 $U_{BC} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ 。

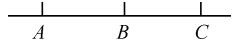


图 1-5-15

26. 有一带电荷量 $q = -3 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的点电荷,从电场中的 A 点移到 B 点时,克服电场力做功 $3 \times 10^{-4} \text{ J}$ 。
- (1) AB 间电势差为多少?
(2) 如以 B 点的电势为零,则 A 点的电势多少?

27. 电场中某区域的电场线如图 1-5-16 所示, $A、B$ 是电场中的两点。一个电荷量 $q = -4.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的点电荷在 A 点所受电场力 $F_A = 2.0 \times 10^{-4} \text{ N}$,将该点电荷从 A 点移到 B 点,电场力做功 $W = 8.0 \times 10^{-7} \text{ J}$ 。求:

- (1) A 点的电场强度 E_A 大小。
(2) $A、B$ 两点间的电势差 U_{AB} 。

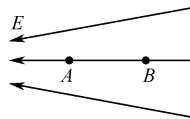


图 1-5-16

28. 已知,规定离场源电荷无穷远处电势为零之后,在点电荷电场中电势 φ 与场源电荷电荷量 Q 及离点电荷的距离之间的关系为 $\varphi = k \frac{Q}{r}$,其中 k 为静电力常量, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 。如图 1-5-17 所示,某处固定一带电量为 $Q = +1 \times 10^{-6} \text{ C}$,可看做点电荷的带电小球,另一电荷量为 $q = +4 \times 10^{-12} \text{ C}$ 的试探电荷从电场中 A 点沿曲线(图中实线)运动到 B 点,已知 $A、B$ 两点与带电小球球心之间的距离分别为 $r_A = 20 \text{ cm}$, $r_B = 10 \text{ cm}$ 。求

- (1) $A、B$ 间的电势差 U_{AB} ;
(2) 从 A 到 B 过程中,试探电荷电势能的变化量。

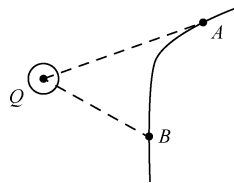


图 1-5-17

高考链接

29. (2013 上海高考) 半径为 R , 均匀带正电荷的球体在空间产生球对称的电场; 场强大小沿半径分布如图 1-5-18 所示, 图中 E_0 已知, $E-r$ 曲线下 $O \sim R$ 部分的面积等于 $R \sim 2R$ 部分的面积。

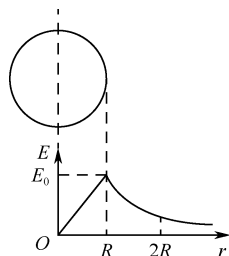


图 1-5-18

- (1) 写出 $E-r$ 曲线下面积的单位;
- (2) 已知带电球在 $r \geq R$ 处的场强 $E = kQ/r^2$, 式中 k 为静电力常量, 该均匀带电球所带的电荷量 Q 为多大?
- (3) 求球心与球表面间的电势差 ΔU ;
- (4) 质量为 m , 电荷量为 q 的负电荷在球面处需具有多大的速度可以刚好运动到 $2R$ 处?

巅峰突破

30. 如图 1-5-19 所示, Q 为固定的正点电荷, A 、 B 两点在 Q 的正上方和 Q 相距分别为 h 和 $\frac{1}{4}h$, 将另一点电荷从 A 点由静止释放, 运动到 B 点时速度正好又变为零。若此点电荷在 A 处的加速度大小为 $\frac{3}{4}g$, 静电力常量为 k , 试求:

- (1) 此点电荷在 B 处的加速度;
- (2) A 、 B 两点间的电势差 (用 k 、 Q 和 h 表示)。

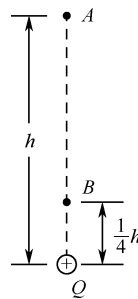


图 1-5-19

第六节 电势差与电场强度的关系

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
匀强电场中电势差与电场强度的关系 $E = U/d$	1. 理解匀强电场中电势差与电场强度的关系 $E = U/d$ 2. 会用 $E = U/d$ 或 $U = Ed$ 解决有关问题	II

二、知识解析

1. 一组概念的理解与应用

电势、电势能、电场强度都是用来描述电场性质的物理,它们之间有十分密切的联系,但也有很大区别,解题中一定注意区分,现列表进行比较。

(1) 电势与电势能比较(见表 1-6-1)。

表 1-6-1

	电势 φ	电势能 E_p
1	反映电场能的性质的物理量	点电荷在电场中某点时所具有的电势能
2	电场中某一点的电势 φ 的大小,只跟电场本身有关,跟点电荷无关	电势能的大小是由点电荷 q 和该点电势 φ 共同决定的
3	电势差却是指电场中两点间的电势之差, $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$, 取 $\varphi_B = 0$ 时, $\varphi_A = U_{AB}$	电势能变化量 ΔE_p 是指点电荷在电场中两点间的电势能之差: $\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB} = W$, 取 $E_{pB} = 0$ 时, $E_{pA} = \Delta E_p$
4	电势沿电场线逐渐降低,取定零电势点后,某点的电势高于零者,为正值。某点的电势低于零者,为负值	正点荷(+ q):电势能的正负跟电势的正负相同 负点荷(- q):电势能的正负跟电势的正负相反
5	单位:伏特	单位:焦耳
6	联系: $\varepsilon = q\varphi$, $W = -\Delta E_p = q\Delta U$	

(2) 电场强度与电势的对比(见表 1-6-2)。

表 1-6-2

	电场强度 E	电势 φ
1	描述电场的力的性质	描述电场的能的性质
2	电场中某点的场强等于放在该点的正点电荷所受的电场力 F 跟正点电荷电荷量 q 的比值 $E = F/q$, E 在数值上等于单位正电荷所受的电场力	电场中某点的电势等于该点跟选定的标准位置(零电势点)间的电势差, $\varphi = E_p/q$, φ 在数值上等于单位正电荷所具有的电势能
3	矢量	标量
4	单位: N/C ; V/m	V ($1V = 1J/C$)
5	联系: ①在匀强电场中 $U_{AB} = Ed$ (d 为 A 、 B 间沿电场线方向的距离) ②电势沿着电场强度的方向降落	

2. 公式 $E = U/d$ 的理解与应用

- (1) 公式 $E = U/d$ 反映了电场强度与电势差之间的关系, 由公式可知, 电场强度的方向就是电势降低最快的方向。
- (2) 公式 $E = U/d$ 只适用于匀强电场, 且 d 表示沿电场线方向两点间的距离, 或两点所在等势面的范离。
- (3) 对非匀强电场, 此公式也可用来定性分析, 但非匀强电场中, 各相邻等势面的电势差为一定值时, 那么 E 越大处, d 越小, 即等势面越密。

三、全能突破

基础演练

1. 质量为 m 的带正电小球由空中 A 点无初速度自由下落, 在 t 秒末加上竖直向上、范围足够大的匀强电场, 再经过 t 秒小球又回到 A 点。不计空气阻力且小球从未落地, 则()
 - A. 整个过程中小球电势能变化了 $\frac{3}{2}mg^2t^2$
 - B. 整个过程中电场力对小球做的功为 $2mg^2t^2$
 - C. 从 A 点到最低点小球重力势能减少了 $\frac{2}{3}mg^2t^2$
 - D. 从加电场开始到小球运动到最低点时小球动能变化了 mg^2t^2
2. 某空间区域有竖直方向的电场(图 1-6-1(a) 中只画出了一条电场线), 一个质量为 m 、电荷量为 q 的带正电的小球, 在电场中从 A 点由静止开始沿电场线竖直向下运动, 不计一切阻力, 运动过程中物体的机械能 E 与物体位移 x 关系的图像如图(b)所示, 由此可以判断()

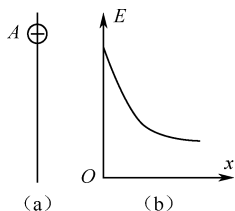


图 1-6-1

- A. 物体所处的电场为非匀强电场, 且场强不断减小, 场强方向向下
 - B. 物体所处的电场为匀强电场, 场强方向向下
 - C. 物体可能先做加速运动, 后做匀速运动
 - D. 物体一定做加速运动, 且加速度不断增大
3. 如图 1-6-2 所示, O 、 A 、 B 、 C 为一粗糙绝缘水平面上的四点, 不计空气阻力, 一电荷量为 $-Q$ 的点电荷固定在 O 点, 现有一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的小金属块(可视为质点), 从 A 点由静止沿它们的连线向右运动, 到 B 点时速度最大, 其大小为 v_{\max} , 小金属块最后停止在 C 点。已知小金属块与水平面间的动摩擦因数为 μ , AB 间距离为 L , 静电力常量为 k , 则()

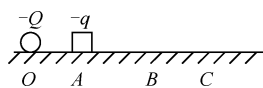


图 1-6-2

- A. 在点电荷 $-Q$ 形成的电场中, A 、 B 两点间的电势差为 $\frac{2\mu mgL + mv_{\max}^2}{2q}$

- B. 在小金属块由 A 向 C 运动的过程中, 电势能先增大后减小

C. OB 间的距离为 $\sqrt{\frac{kQq}{\mu mg}}$

- D. 从 B 到 C 的过程中, 小金属块的动能全部转化为电势能

4. 如图 1-6-3 所示, d 处固定有负点电荷 Q , 一个带电质点只在电场力作用下运动, 通过此区域时的轨迹为图中曲线 abc , a 、 b 、 c 、 d 恰好是一正方形的四个顶点, 则下列说法正确的是()

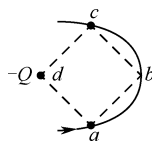


图 1-6-3

- A. 质点由 a 到 c , 电势能先增加后减小, 在 b 点动能最小
 - B. a 、 b 、 c 三点处电势高低关系是 $\varphi_a = \varphi_c > \varphi_b$
 - C. 质点在 a 、 b 、 c 三点处的加速度大小之比为 $1:2:1$
 - D. 若将 d 处的点电荷改为 $+Q$, 该带电质点的轨迹仍可能为曲线 abc
5. 真空中三维坐标系 $Oxyz$ 的 z 轴方向竖直向上, 在坐标原点 O 上固定一带正电的点电荷 Q , 其形成的电场如图 1-6-4 所示, 一重力不能忽略的带电微粒 q 正在该点电荷附近做匀速圆周运动, 则()

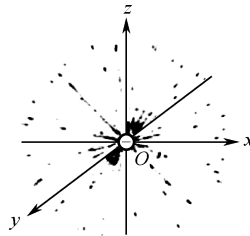


图 1-6-4

- A. 该微粒带负电, 轨道圆心在坐标原点 O 上
 - B. 该微粒带负电, 轨道圆心在 z 轴的负半轴上某一点
 - C. 该微粒带正电, 轨道圆心在坐标原点 O 上
 - D. 该微粒带正电, 轨道圆心在 z 轴的正半轴上某一点
6. 如图 1-6-5 所示, 曲线表示电场中关于 x 轴对称的等势面, 在 z 轴上有 a 、 b 两点。若一带电粒子沿 x 轴从 a 点移到 b 点, 电场力做负功, 则下列说法正确的是()

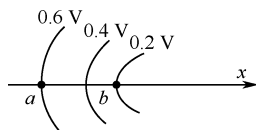


图 1-6-5

- A. a 点的电场强度方向与 x 轴方向相反
- B. a 点的电场强度大于 b 点的电场强度
- C. 带电粒子的电势能一定增加

D. 带电粒子的动能一定增加

能力提升

7. 两电荷量分别为 q_1 和 q_2 的点电荷放在 x 轴上的 O 、 M 两点, 两电荷连线上各点电势 φ 随 x 变化的关系如图 1-6-6 所示, 其中 A 、 N 两点的电势为零, ND 段中 C 点电势最高, 则下列说法不正确的是()

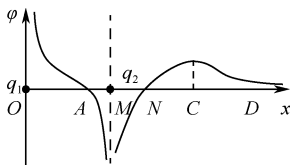


图 1-6-6

- A. $|q_1| < |q_2|$
 B. q_1 带正电, q_2 带负电
 C. C 点的电场强度大小为零
 D. 将一负点电荷从 N 点移到 D 点, 电场力先做正功后做负功
8. A 、 B 为某电场中一条直线上的两个点, 现将正点电荷从 A 点由静止释放, 仅在电场力作用下运动一段距离到达 B 点, 其电势能 E_p 随位移 x 的变化关系如图 1-6-7 所示。从 A 到 B 过程中, 下列说法正确的是()

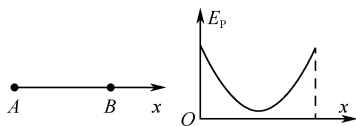
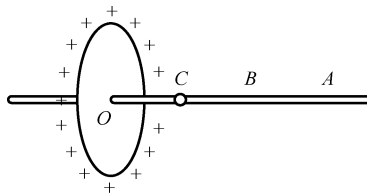
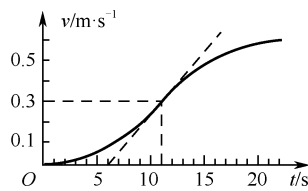


图 1-6-7

- A. 电场力对电荷一直做正功
 B. 电荷所受电场力先减小后增大
 C. 电荷所受电场力先增大后减小
 D. 电势先降低后升高
9. 如图 1-6-8 甲所示, 有一绝缘圆环, 圆环上均匀分布着正电荷, 圆环平面与竖直平面重合。一光滑细杆沿垂直圆环平面的轴线穿过圆环, 细杆上套有一个质量为 $m = 10\text{g}$ 的带正电的小球, 小球所带电荷量 $q = 5.0 \times 10^{-4}\text{C}$ 。小球从 C 点由静止释放, 其沿细杆由 C 经 B 向 A 运动的 $v-t$ 图像如图乙所示。小球运动到 B 点时, 速度图像的切线斜率最大(图中标出了该切线)。则下列说法正确的是()
- A. 在 O 点右侧杆上, B 点场强最大, 场强大小为 $E = 1.2\text{V/m}$
 B. 由 C 到 A 的过程中, 小球的电势能先减小后变大
 C. 由 C 到 A 电势逐渐降低
 D. C 、 B 两点间的电势差 $U_{CB} = 0.9\text{V}$



甲



乙

图 1-6-8

10. 如图 1-6-9 所示, 静电喷涂时, 喷枪喷出的涂料微粒带负电, 被喷工件带正电, 微粒只在静电力作用下向工件运动, 最后吸附在其表面。微粒在向工件靠近的过程中()

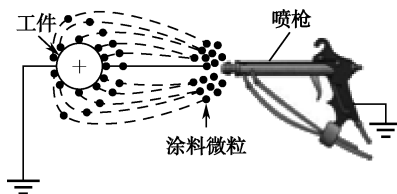


图 1-6-9

- A. 不一定沿着电场线运动
 B. 所受电场力大小不变
 C. 克服电场力做功
 D. 电势能逐渐减小
11. 一带电粒子在电场中仅受静电力作用, 从 O 点出发沿 x 轴正方向做初速度为零的直线运动, 其电势能 E_p 与位移 x 的关系如图 1-6-10 所示, 则以下所示的图像中正确的是()

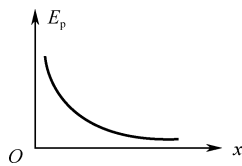
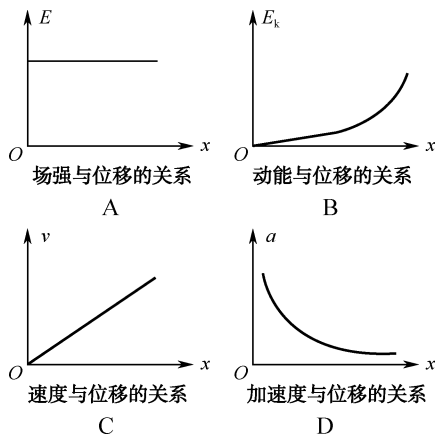


图 1-6-10



12. 在电场方向水平向右的匀强电场中, 一带电小球从 A 点竖直向上抛出, 其运动的轨迹如图 1-6-11 所示。小球运动的轨迹上 A 、 B 两点在同一水平线上, M 为轨迹

的最高点。小球抛出时的动能为 8.0J ，在 M 点的动能为 6.0J ，不计空气的阻力。则（ ）

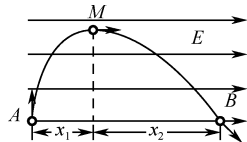


图 1-6-11

- A. 小球水平位移 x_1 与 x_2 的比值 $1:3$
 B. 小球水平位移 x_1 与 x_2 的比值 $1:2$
 C. 小球落到 B 点时的动能 $E_{kB} = 24\text{J}$
 D. 小球从 A 点运动到 B 点的过程中最小动能为 4J
13. 如图 1-6-12 所示，两个带电量分别为 $2q$ 和 $-q$ 的点电荷固定在 x 轴上，相距为 $2L$ 。下列图像中，能正确反映两个电荷连线上场强大小 E 与 x 关系的是（ ）

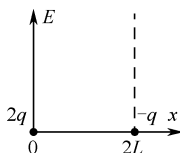
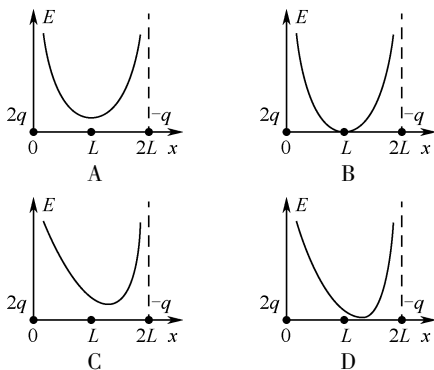


图 1-6-12



14. 如图 1-6-13 所示，范围足够大的匀强电场，场强大小为 E ，方向竖直向上。一质量为 m 、带电量 $+q$ 的小球，在电场中以某一初速度沿电场方向做匀减速直线运动，不计空气阻力，其速度大小为 v ，物体运动距离为 s 时速度变为零，则在此过程中（ ）
- A. 小球克服电场力做功 qEs
 B. 小球的电势能增加了 qEs
 C. 小球的机械能增加了 qEs
 D. 小球的动能减少了 qEs

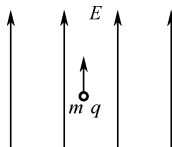


图 1-6-13

15. 静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置。如图 1-6-14 所示为该透镜工作原理示意图，虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线，等势线形状相对于 Ox 轴、 Oy 轴对称，且相邻两等势线的电势差相等。图中实线为某个电子通过电场区域时的轨迹示意图，关于此电子从 a 点运动到 b 点过程中，下列说法正确的是（ ）
- A. a 点的电势高于 b 点的电势
 B. 电子在 a 点的加速度大于在 b 点的加速度
 C. 电子在 a 点的动能大于在 b 点的动能
 D. 电子在 a 点的电势能大于在 b 点的电势能

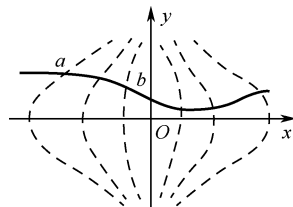


图 1-6-14

16. 如图 1-6-15 所示， A, B, Q, C, D, P 为匀强电场中一个正六边形的六个顶点， P, Q 是电荷量相等的两个异种点电荷，它们的连线中点为 O 点。则（ ）

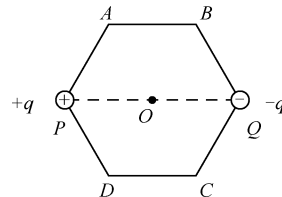


图 1-6-15

- A. A 点和 B 点的电场强度相同
 B. A 点和 C 点的电场强度相同
 C. P, A 两点间的电势差小于 A, B 两点间的电势差
 D. 将正电荷 q 从 A 点沿直线移到 B 点的过程中，电场力做正功
17. 如图 1-6-16 所示，一簇电场线的分布关于 y 轴对称， O 是坐标原点， M, N, P, Q 是以 O 为圆心的一个圆周上的四个点，其中 M, N 在 y 轴上， Q 点在 x 轴上，则（ ）
- A. OM 间的电势差大于 NO 间的电势差
 B. M 点的电势比 P 点的电势高
 C. 一正电荷在 O 点时的电势能小于在 Q 点时的电势能
 D. 将一负电荷由 M 点移到 P 点，电场力做正功
18. 如图 1-6-17 所示，在 x 轴上的两点分别放有 $-Q$ 和 $+4Q$ 两个点电荷，位置坐标分别为 0 和 1 。

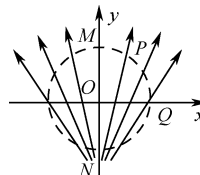


图 1-6-16

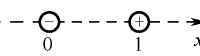
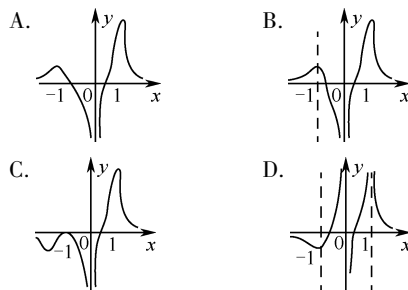


图 1-6-17

下列四幅图中最能反映出沿 x 轴电势分布情况的图线是（ ）



19. 在如图 1-6-18 所示的四种电场中，分别标记有 a, b 两点。其中 a, b 两点的电势相等，电场强度大小相等、方向也相同的是（ ）
- A. 甲图：与点电荷等距的 a, b 两点
 B. 乙图：两等量异种电荷连线的中垂线上与连线等距

的 a 、 b 两点

C. 丙图:点电荷与带电平板形成的电场中平板上表面的 a 、 b 两点

D. 丁图:匀强电场中的 a 、 b 两点

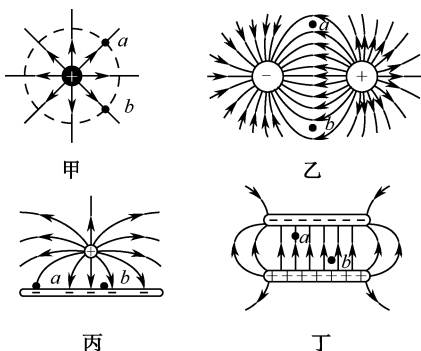


图 1-6-18

20. 如图 1-6-19 所示,在竖起向下的匀强电场中竖起放了一半径为 R 的绝缘圆轨道,两个完全一样的金属小球 A 和 B 质量都为 m ,开始 A 带正电,所带电荷量为 q , B 球不带电, B 球位于圆轨道内侧的最低点。现在给 A 一向下的初速度 v_0 ,使 A 球从圆轨道内侧和轨道圆心位于同一水面处开始沿轨道向下运动, A 、 B 两球在轨道最低点发生弹性正碰,碰后 A 球静止, B 球沿圆轨道内侧恰好通过圆轨道的最高点。不考虑碰后两球间的相互作用,则电场强度的大小为()

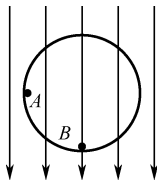


图 1-6-19

- A. $\frac{2mgR - 2mv_0^2}{qR}$ B. $\frac{2mv_0^2 - 6mgR}{qR}$
C. $\frac{mgR - mv_0^2}{qR}$ D. $\frac{2mv_0^2 - 3mgR}{qQ}$

21. 如图 1-6-20 所示,正方形 $ABCD$ 处在匀强电场中,其中 $\varphi_A = \varphi_B = 0$, $\varphi_D = U$, F 点为 CD 的中点。让正方形以 B 点轴在纸面内顺时针转过 $\angle ABF$,则此时 F 点的电势为()

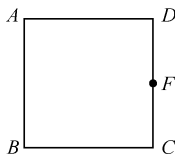


图 1-6-20

- A. $\frac{\sqrt{5}}{5}U$ B. $\frac{2\sqrt{5}}{5}U$
C. $\frac{4\sqrt{5}}{5}U$ D. $\frac{\sqrt{5}}{2}U$

22. 如图 1-6-21 所示,在一匀强电场中的 O 点固定一电量为 Q 的正点电荷,设正点电荷 Q 的电场与匀强电场互不影响, a 、 b 、 c 、 d 为电场中的四点,分布在以 O 为圆心、 r 为半径的圆周上,一电量为 q 的正检验电荷放在 a 点时恰好平衡,则下列说法正确的是()

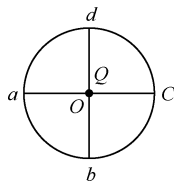


图 1-6-21

- A. 电场中 a 、 c 两点间的电势差 $U_{ac} = \frac{kQ}{2r}$
B. 电场中 a 、 c 两点间的电势差 $U_{ac} = \frac{2kQ}{r}$

C. 电场中 b 、 d 两点间的电势差 $U_{bd} = \frac{2kQ}{r}$

D. 电场中 b 、 d 两点间的电势差 $U_{bd} = \frac{kQ}{2r}$

23. 如图 1-6-22 所示,在一个匀强电场(图中未画出)中有一个四边形 $ABCD$,其中 AB 之间距离为 1cm , M 为 AD 的中点, N 为 BC 的中点。一个粒子带正电 $2 \times 10^{-9}\text{C}$,将该粒子从 A 点移动到 B 点,电场力做功为 $W_{AB} = 2.0 \times 10^{-9}\text{J}$;将该粒子从 D 点移动到 C 点,电场力做功为 $W_{DC} = 4.0 \times 10^{-9}\text{J}$,下列选项中正确的是()

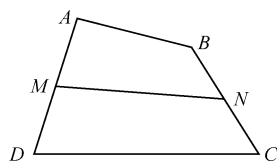


图 1-6-22

- A. 将该粒子从 M 点移动到 N 点,电场力做功为 $W_{MN} = 3.0 \times 10^{-9}\text{J}$
B. 将该粒子从 M 点移动到 N 点,电场力做功 W_{MN} 可能大于 $4.0 \times 10^{-9}\text{J}$
C. A 、 B 之间的电势差为 1V
D. 该电场的场强一定是 $E = 1\text{V/m}$

24. 如图 1-6-23 甲所示,一条电场线与 Ox 轴重合,取 O 点电势为零, Ox 方向上各点的电势随 x 变化的情况如图乙所示。若在 O 点由静止释放一电子,电子仅受电场力的作用,则下列说法正确的是()

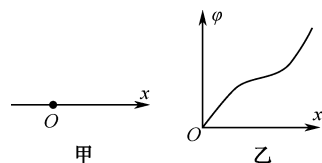


图 1-6-23

- A. 电场是匀强电场
B. 电场的场强先减小后增大
C. 电子将沿 Ox 负方向运动
D. 电子的电势能将增大

25. 如图 1-6-24 所示,质量为 m 、半径为 R 的圆形光滑绝缘轨道放在水平地面上固定的 M 、 N 两竖直墙壁间,圆形轨道与墙壁间摩擦忽略不计,在轨道所在平面加一竖直向上的场强为 E 的匀强电场。 P 、 Q 两点分别为轨道的最低点和最高点,在 P 点有一质量为 m ,电荷量为 q 的带正电的小球,现给小球一初速度 v_0 ,使小球在竖直平面内做圆周运动,不计空气阻力,重力加速度为 g ,则下列说法正确的是()

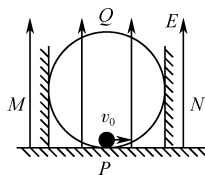


图 1-6-24

- A. 小球通过 P 点时对轨道一定有压力
B. 小球通过 P 点时的速率一定大于通过 Q 点时的速率
C. 从 P 到 Q 的过程中,小球的机械能增大

D. 若 $mg > qE$, 要使小球能通过 Q 点且保证圆形轨道不

脱离地面, 速度 v_0 应满足的关系是: $\sqrt{5gR - \frac{5qER}{m}} \leq$

$$v_0 < \sqrt{6gR - \frac{5qER}{m}}$$

26. 如图 1-6-25 甲所示, AB 是电场中的一条电场线。质子以某一初速度从 A 点出发, 仅在电场力作用下沿直线从 A 点运动到 B 点, 所经位置的电势随距 A 点的距离变化的规律如图乙所示, 则下列说法正确的是()

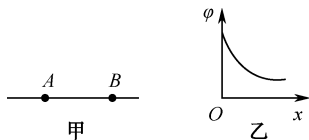


图 1-6-25

- A. A 、 B 两点的速度 $v_A < v_B$
 B. A 、 B 两点的电场强度 $E_A < E_B$
 C. A 、 B 两点的电势 $\varphi_A < \varphi_B$
 D. 电子在 A 、 B 两点的电势能 $E_{pA} < E_{pB}$
27. 如图 1-6-26 所示, 在匀强电场中, 有 A 、 B 两点, 它们间距为 2cm , 两点的连线与场强方向成 60° 角。将一个电量为 $-2 \times 10^{-3}\text{C}$ 的电荷由 A 移到 B , 其电势能增加了 0.1J 。则:

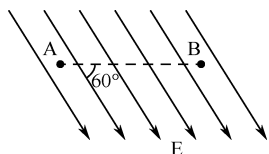


图 1-6-26

- (1) 在此过程中, 电场力对该电荷做了多少功;
 (2) A 、 B 两点的电势差 U_{AB} 为多少;
 (3) 匀强电场的场强为多大。
28. 如图 1-6-27 所示, 在匀强电场中, 有边长为 2m 的等边三角形 ABC , 其中 O 点为该三角形的中心, 各点的电势分别为 $\varphi_A = 2\text{V}$, $\varphi_B = 4\text{V}$, $\varphi_C = 6\text{V}$, 求:

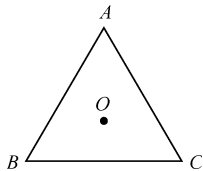


图 1-6-27

- (1) O 点的电势为多少?
 (2) 该匀强电场的电场强度大小和方向。

高考链接

29. (2011 · 北京) 静电场方向平行于 x 轴, 其电势 φ 随 x 的分布可简化为如图 1-6-28 所示的折线, 图中 φ_0 和 d 为已知量。一个带负电的粒子在电场中以 $x=0$ 为中心, 沿 x 轴方向做周期性运动。已知该粒子质量为 m 、电量为 $-q$, 其动能与电势能之和为 $-A$ ($0 < A < q\varphi_0$), 忽略重力。求:

- (1) 粒子所受电场力的大小;
 (2) 粒子的运动区间;
 (3) 粒子的运动周期。

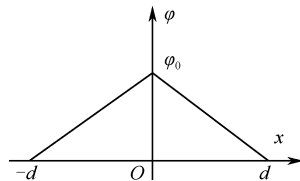


图 1-6-28

30. (2014 江苏卷) 如图 1-6-29 所示, 一圆环上均匀分布着正电荷, x 轴垂直于环面且过圆心 O 。下列关于 x 轴上的电场强度和电势的说法中正确的是()

- A. O 点的电场强度为零, 电势最低
 B. O 点的电场强度为零, 电势最高
 C. 从 O 点沿 x 轴正方向, 电场强度减小, 电势升高
 D. 从 O 点沿 x 轴正方向, 电场强度增大, 电势降低

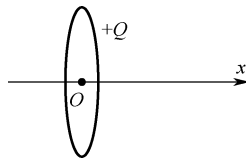


图 1-6-29

巅峰突破

31. 如图 1-6-30 所示, 水平向左的匀强电场中 A 点有一带正电的点电荷, 点电荷用不可伸缩的绝缘细线与 O 点相连, 细线刚好被水平拉直。细线长 $L = 10\text{cm}$, 电场强度 $E = \sqrt{3} \times 10^4\text{V/m}$, 电荷的质量 $m = 1 \times 10^{-4}\text{kg}$, 电量 $q = +1.0 \times 10^{-7}\text{C}$ 。现使点电荷从 A 点释放由静止开始运动, 求点电荷运动过程中经 O 点正下方的最低点时对细线的拉力。(g 取 10m/s^2)

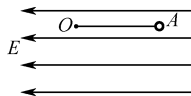


图 1-6-30

第七节 静电现象的应用

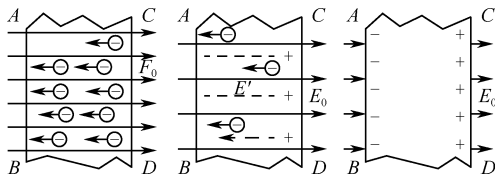
一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 静电感应现象及静电平衡 2. 静电屏蔽及应用	1. 了解静电平衡的概念,理解静电平衡的导体的特征 2. 了解静电平衡时带电导体上电荷的分布特点 3. 了解尖端放电和静电屏蔽现象,关注生活、生产中的静电现象	I

二、知识解析

1. 静电感应

把金属导体放在外电场 E 中,由于导体内的自由电子受电场力作用而定向运动,使导体的两个端面出现等量的异种电荷,这种现象叫静电感应。



2. 静电平衡

发生静电感应的导体两端感应的等量异种电荷形成一附加电场,当附加电场与外电场完全抵消,即 $E' = E$ 时,自由电子的定向移动停止,这时的导体处于静电平衡状态。

3. 导体处于静电平衡的特点

- (1) 导体内部各点的场强为零。
- (2) 导体表面任意点的场强方向与该表面垂直。
- (3) 导体为等势体,导体表面为等势面。
- (4) 带电导体的净电荷分布在导体外表面,曲率半径大的地方电荷的密度小,曲率半径小的地方电荷的密度大。

4. 静电屏蔽

处于电场中的空腔导体或金属网罩,其空腔部分的场强处处为零,即能把外电场遮住,使内部不受外部电场的影响,这就是静电屏蔽。

若导体空腔或网罩内没有带电体,则空腔内的电场恒为零,不受空腔外部电场的影响。

常见的静电屏蔽,如图 1-7-1 所示。

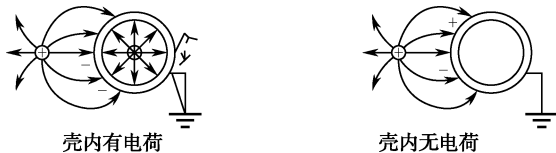


图 1-7-1

5. 静电屏蔽在实际有重要应用

- (1) 电学仪器或电子设备外面会有金属罩,通信电缆外面包有一层铅皮可防止外电场的干扰。
- (2) 电力工人在高压带电作业时,全身穿戴金属丝网制成的衣帽、手套、鞋子,可以对人体起静电屏蔽作用,使人安全作业。

三、全能突破

基础演练

- 在医疗手术中,为防止麻醉剂乙醚爆炸,地砖要用导电材料制成,医生和护士要穿由导电材料制成的鞋子和外套,一切设备要良好接地,甚至病人身体也要良好接地,这样做是为了()
A. 除菌消毒 B. 消除静电
C. 利用静电 D. 防止漏电
- 下列用电器中,利用静电的吸附作用进行工作的是()
A. 电饭煲 B. 电话机
C. 复印机 D. 电冰箱
- 由于人们行走时鞋子和地板摩擦产生静电,带电的离子会在地板表面对空气中的灰尘产生吸引,对于电脑机房,电子厂房等单位会造成一定的影响。防静电地板又叫做耗散静电地板,是一种地板,如图 1-7-2 所示。当它接地或连接到任何较低电势点时,使电荷能够耗散,地板在施工中,地板下面要铺设铝箔,铝箔要连接到地下预埋导体。下列关于防静电地板正确的是()

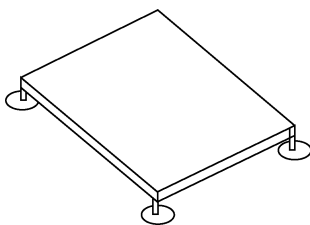


图 1-7-2

- 地板下面要铺设铝箔的作用是防潮
 - 地板必须是绝缘体材料
 - 地板必须是导电的,如地板中含有导电纤维
 - 只要地板下面铺设铝箔,地板材料无所谓绝缘体或导电
- 为了防止静电产生的危害,下列做法正确的()
A. 在高大的建筑物顶端装上避雷针
B. 小汽车上有一根露在外面的小天线
C. 在高大的烟囱中安装静电除尘器
D. 汽车制造厂车间里进行静电喷漆
 - 如图 1-7-3 所示,放在绝缘台上的金属网罩内放有不带电的验电器 C,若把一带有正电荷的绝缘体 A 移近金属网罩 B,则()

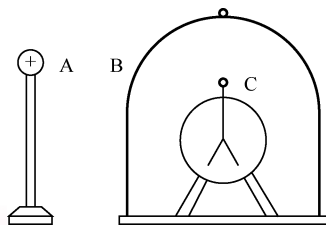


图 1-7-3

- 在 B 的内表面带正电荷, $\varphi_B - \varphi_C = 0$
- 在 B 的右侧外表面带正电荷
- 验电器的金箔将张开, $\varphi_B < \varphi_C$
- B 的左右两侧电势相等

- 如图 1-7-4 所示,在一正点电荷 Q 产生的电场中放一金属空心导体球,图中 a 、 b 分别为金属导体内部与空腔中的点,则()

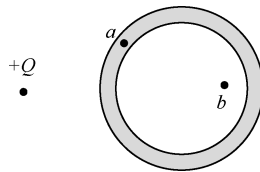


图 1-7-4

- a 、 b 两点的电场强度都为零
 - a 点的电场强度为零, b 点的电场强度不为零
 - 将点电荷 $-q$ 从 a 点移到 b 点,电场力做负功
 - a 点的电势为零, b 点的电势不为零
- 电视机的荧光屏表面经常有许多灰尘,这主要的原因()
A. 灰尘的自然堆积
B. 玻璃具有较强的吸附灰尘的能力
C. 电视机工作时,屏表面温度较高而吸附灰尘
D. 电视机工作时,屏表面有静电而吸附灰尘
 - 如图 1-7-5 所示,摩擦过的塑料刻度尺能够吸引轻小的纸片,这是由于它们之间存在()

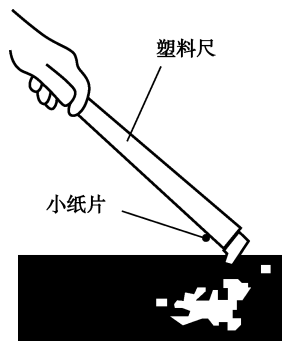


图 1-7-5

- 静电力
- 安培力
- 洛伦兹力
- 弹力

能力提升

- 如图 1-7-6 所示,用一带电小球靠近置于绝缘支架上的原来不带电的导体 A 端时,发现导体的 B 端带正电,由此可知()
A. 小球带正电
B. 小球带负电
C. 导体 A 端不带电
D. 导体 A 端带正电

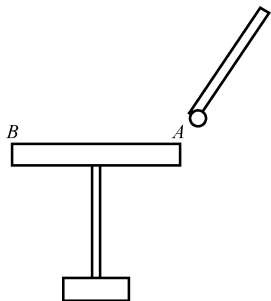


图 1-7-6

10. 下列属于预防静电危害的做法是()
- 在高大的建筑物顶端安装避雷针
 - 水泥厂利用静电除去废气中的粉尘
 - 在制造轮胎的橡胶中添加导电材料
 - 行驶中的油罐车尾带一条拖地的铁链
11. 在建筑物顶部装有竖直的避雷针,当带正电的云层接近避雷针并放电时,避雷针中()
- 不会形成电流
 - 会形成电流,方向向上
 - 会形成电流,方向向下
 - 会形成电流,方向不定
12. 如图 1-7-7 所示,把一个不带电的枕形导体靠近带正电的小球,由于静电感应,在 a, b 端分别出现负、正电荷,则以下说法正确的是()

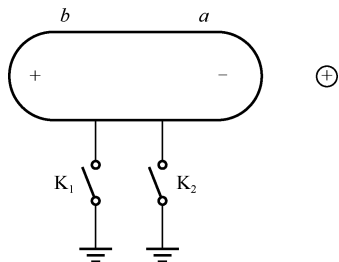


图 1-7-7

- 闭合 K_1 , 有电子从枕形导体流向大地
 - 闭合 K_2 , 有电子从枕形导体流向大地
 - 闭合 K_1 , 有电子从大地流向枕形导体
 - 闭合 K_2 , 没有电子通过 K_2
13. 某研究性学习小组对电工穿的“高压带电作业服”进行研究,发现其中用了大量的铜丝编织而成。对这一做法的最主要目的,同学们给出了①~④四种猜想:
- 甲认为:铜丝编织的衣服和人体相当于并联关系,能分走本该流经人体的电流
 - 乙认为:被铜丝编织的衣服包裹的空间内任意点的电势都保持为零
 - 丙认为:被铜丝编织的衣服包裹的空间内任意两点间电势差保持为零
 - 丁认为:被铜丝编织的衣服包裹的空间内任意点的电场强度保持为零
- 对这些猜想的评价正确的是()
- 都正确
 - 甲和丁最关键

- 丁最关键
- 丙和丁最关键

14. 如图 1-7-8 所示,在原来不带电的金属细杆 ab 附近 P 处,放置一个正点电荷,则()

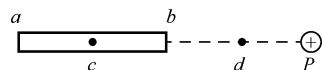


图 1-7-8

- a 端带正电, b 端带负电
 - a 端带负电, b 端带正电
 - 杆内 c 处的场强为零
 - 杆内 c 处的场强不为零
15. 如图 1-7-9 所示,真空中把一原来不带电的绝缘导体 AB 向带负电的小球 P 缓慢靠近(不相碰), M, N 为导体内的两点。下列说法正确的是()
- B 端的感应电荷为负, A 端的感应电荷为正
 - 导体内部场强越来越大
 - M 点电势恒低于 N 点电势
 - 导体的感应电荷在 M 点产生的场强大于在 N 点产生的场强

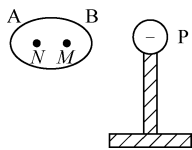


图 1-7-9

16. 如图 1-7-10 所示,一个枕形导体 AB 原来不带电,将它放在一个负点电荷的电场中,点电荷的电荷量为 Q ,与 AB 中心 O 点的距离为 R 。由于静电感应,在导体 A, B 两端分别出现感应电荷。当达到静电平衡时()
- 导体 A 端电势高于 B 端电势
 - 导体 A 端电势低于 B 端电势
 - 导体中心 O 点的场强为零
 - 导体带上了正电荷

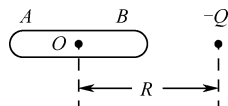


图 1-7-10

17. 如图 1-7-11 所示, A, B 为带异种电荷的小球,将两不带电的导体棒 C, D 放在两球之间,当用导线将 C 棒左端点 x 和 D 棒右端点 y 连接起来瞬间,导线中的电流方向是()

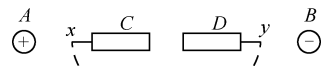


图 1-7-11

- $x \rightarrow y$
 - $y \rightarrow x$
 - 先是 $y \rightarrow x$, 然后 $x \rightarrow y$
 - 没有电流
18. 每到夏季,雷雨等强对流天气时有发生。当我们遇到雷雨天气时,一定要注意避雷。打雷时,下列做法正确的是()
- 使用无防雷措施或防雷措施不足的电器
 - 远离金属门窗、建筑物外墙和带电设备
 - 撑着金属骨架的雨伞在雨中行走
 - 躲在大树下避雨

19. 如图 1-7-12 所示,原来不带电的金属导体 MN ,在其两端下面都悬挂着金属验电箔,若使带负电的金属球 A 靠近导体的 M 端,可能看到的现象是()

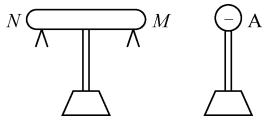


图 1-7-12

- A. 只有 M 端验电箔张开,且 M 端带正电
 B. 只有 N 端验电箔张开,且 N 端带正电
 C. 两端的验电箔都张开,且 N 端带负电, M 端带正电
 D. 两端的验电箔都张开,且两端都带正电或负电
20. 如图 1-7-13 所示,某同学在桌上放两摞书,然后把一块洁净的玻璃板放在上面,使玻璃板离开桌面 $2 \sim 3\text{cm}$,在宽约 0.5cm 的纸条上画出各种舞姿的人形,用剪刀把它们剪下来,放在玻璃板下面,再用一块硬泡沫塑料在玻璃上来回擦动,此时会看到小纸人翩翩起舞.下列哪种做法能使实验效果更好()

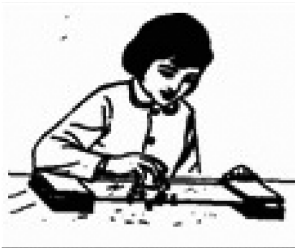
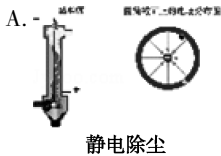


图 1-7-13

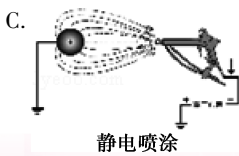
- A. 将玻璃板换成钢板
 B. 向舞区哈一口气
 C. 将玻璃板和地面用导线连接
 D. 用一根火柴把舞区烤一烤
21. 每到夏季,我省各地纷纷进入雨季,雷雨等强对流天气频繁发生,当我们遇到雷雨天气时,一定要注意避雷,下列说法正确的是()
- ①不宜使用无防雷措施的电器或防雷措施不足的电器
 ②不要接触天线、金属门窗、建筑物外墙,远离带电设备
 ③固定电话和移动电话均可正常使用
 ④在旷野,应远离树木和电线杆
- A. ①②③ B. ①②④
 C. ①③④ D. ②③④
22. 下列图中不是对静电利用的是()



静电除尘



静电复印



静电喷涂



静电接地

23. 小强在加油站加油时,看到加油机上有如图 1-7-14 所示的图标,关于图标的含义,下列说法正确的是()

- A. 工作人员工作时间须穿纯棉服装
 B. 用绝缘的塑料梳子梳头应该没有关系
 C. 化纤手套与接触物容易摩擦起电存在安全隐患
 D. 制作这些图标的依据是静电屏蔽原理



图 1-7-14

24. 如图 1-7-15 所示为一正点电荷 M 和一金属板 N 形成的电场线, a 、 b 、 c 为电场中的三点,则下列说法正确的是()

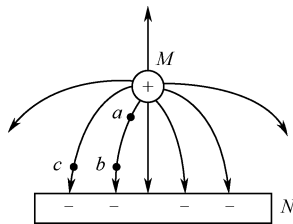


图 1-7-15

- A. a 、 c 两点的电场强度大小关系为 $E_a > E_c$
 B. a 、 b 两点的电势关系为 $\varphi_a < \varphi_b$
 C. 一负点电荷在 a 点处的电势能大于它在 b 点处的电势能
 D. 若将某正点电荷由 a 点移到 c 点,电场力做正功
25. 如图 1-7-16 为静电除尘示意图, m 、 n 为金属管内两点.在 P 、 Q 两点加高电压时,金属管内空气电离.电离出来的电子在电场力的作用下,遇到烟气中的煤粉,使煤粉带负电,导致煤粉被吸附到管壁上,排除的烟就清洁了.就此示意图,下列说法正确的是()

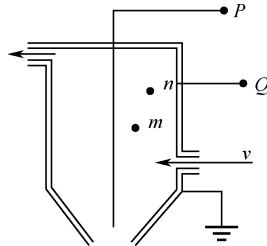


图 1-7-16

- A. Q 接电源的正极,且电场强度 $E_m = E_n$
 B. Q 接电源的正极,且电场强度 $E_m > E_n$
 C. P 接电源的正极,且电场强度 $E_m = E_n$
 D. P 接电源的正极,且电场强度 $E_m > E_n$
26. 如图 1-7-17 所示,把一个架在绝缘支架上的枕形导体放在正电荷形成的电场中,导体处于静电平衡时,下叙说法正确的是()
- A. A 、 B 两点场强相等,且都为零
 B. A 、 B 两点的场强不相等
 C. 感应电荷产生的附加场强大小是 $|E_A| < |E_B|$
 D. 当电键 K 闭合时,电子从大地沿导线向导体移动

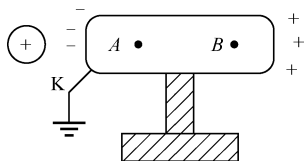


图 1-7-17

27. 如图 1-7-18 所示,在两个固定电荷 $+q$ 和 $-q$ 之间放入两个原来不带电的导体,1、2、3、4 为导体上的四个点,在达到静电平衡后,各点的电势分别是 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 , 则()

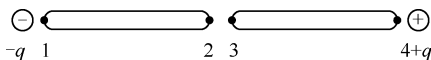


图 1-7-18

- A. $\varphi_4 > \varphi_3 > \varphi_2 > \varphi_1$ B. $\varphi_4 = \varphi_3 > \varphi_2 = \varphi_1$
C. $\varphi_4 < \varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$ D. $\varphi_4 = \varphi_3 < \varphi_2 = \varphi_1$
28. 如图 1-7-19 所示,电力工作人员在几百万伏的高压线上进行带电作业,电工全身穿戴带电作业用屏蔽服,屏蔽服是用导电金属材料与纺织纤维混纺交织成布后再做成的服装,下列说法正确的是()



图 1-7-19

- A. 采用金属材料编织的衣服目的是使衣服不易拉破
B. 采用金属材料编织的衣服目的是利用静电屏蔽
C. 电工穿上屏蔽服后,使体内场强为零
D. 电工穿上屏蔽服后,使体内电势为零
29. 如图 1-7-20 所示,左边是一个原先不带电的导体,右边 C 是后来靠近导体的带正电金属球,若用绝缘工具沿图示某条虚线将导体切开,分导体为 A 、 B 两部分,这两部分所带电荷量的数值分别为 Q_A 、 Q_B ,则下列结论正确的是()
- A. 沿虚线 d 切开, A 带负电, B 带正电,且 $Q_B > Q_A$
B. 只有沿虚线 b 切开,才有 A 带正电, B 带负电,并 $Q_B = Q_A$
C. 沿虚线 a 切开, A 带正电, B 带负电,且 $Q_B > Q_A$
D. 沿任意一条虚线切开,都有 A 带正电, B 带负电,而 Q_A 、 Q_B 的值与所切的位置有关

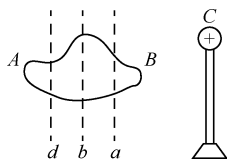


图 1-7-20

高考链接

30. (2012 广东卷) 图 1-7-21 是某种静电矿粉分选器的原理示意图,带电矿粉经漏斗落入水平匀强电场后,分落在收集板中央的两侧,对矿粉分离的过程,下列表述正确的有()

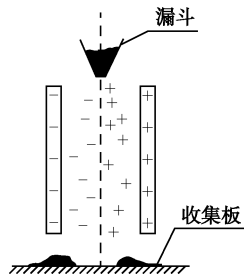


图 1-7-21

- A. 带正电的矿粉落在右侧
B. 电场力对矿粉做正功
C. 带负电的矿粉电势能变大
D. 带正电的矿粉电势能变小
31. (2010 浙江卷) 请用学过的电学知识判断下列说法正确的是()
- A. 电工穿绝缘衣比穿金属衣安全
B. 制作汽油桶的材料用金属比用塑料好
C. 小鸟停在单根高压输电线上会被电死
D. 打雷时,呆在汽车里比呆在木屋里要危险

巅峰突破

32. 如图 1-7-22 所示,一带正电的金属球壳 A ,顶部开孔,有两个带正电的金属小球 B 、 C 用导线连接,让 B 球置于球壳的空腔中与 A 的内表面接触后,又提到如图所示的位置, C 球放在 A 壳外离 A 较远处,待静电平衡后,下列说法正确的是()

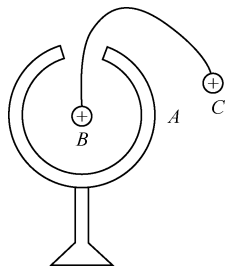


图 1-7-22

- A. B 、 C 球都不带电
B. B 球不带电, C 球带正电
C. 让 C 球接地后, B 球带负电
D. 让 C 球接地后, A 球壳空腔中场强为零

第八节 电容器的电容

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 电容器的电容及其定义式 2. 平行板电容器的构造及电容决定式	1. 知道电容器概念和平行板电容器的主要构造 2. 掌握平行板电容器电容的决定式,并能用其讨论有关问题	II

二、知识解析

1. 电容器

- (1) 定义: 两块彼此绝缘且又相互靠近的导体就组成一个电容器, 电容器可以容纳电荷。
(2) 充放电过程: (见表 1-8-1)。

表 1-8-1

	充电过程	放电过程
示意图		
特点	(1) 电流的方向为逆时针方向, 电流由大到小 (2) 极板所带电量增多 (3) 两极板间电压增高 (4) 两极板间电场强度增强 (5) 充电过程从电源获取能量转化为电场能	(1) 电流方向由电容器正极板流出, 电流由大到小 (2) 电容器的电荷量减少 (3) 两极板间电压降低 (4) 两极板间电场强度减小 (5) 放电过程由电场能转化为其他形式的能(如内能)

2. 击穿电压、额定电压

- (1) 击穿电压是电容器的极限电压, 超过这个电压, 电容器内的介质将被击穿。
(2) 额定电压是电容器长期工作时所承受的电压, 它低于击穿电压, 电容器在不低于额定电压下工作都是安全可靠的, 不要误认为电容器只有在额定电压下工作才是正常的。

3. 电容

- (1) 定义: 电容器所带的电荷量(是指一个极板所带电荷量的绝对值)与电容器两极板间电压的比值。
(2) 公式: $C = Q/U$, 单位: 法拉; $1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{pF}$ 。
(3) 物理意义: 电容是反映电容器容纳电荷的本领的物理量, 和电容器是否带电无关。
(4) 制约因素: 电容器的电容与 Q 、 U 的大小无关, 是由电容器本身情况决定, 对一个确定的电容器, 它的电容是一定的, 与电容器是否带电及带电多少无关。

注意: 由 $C = \frac{Q}{U}$ 知, 对确定的电容器, Q 与 U 成正比, 比值不变; 对不同的电容器, U 相同时, Q 越大, 则 C 越大, 因此说 C 是反映电容器容纳电荷本领的物理量。

4. 平行板电容器的电容

- (1) 决定因素: C 与极板正对面积、电介质的相对介电常数成正比, 与极板间距离成反比。

- (2) 公式: $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$, 式中 k 为静电力常量。

- (3) $C = \frac{Q}{U}$ 与 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 的比较

- ① 公式 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$ 是电容的定义式, 对任何电容器都适用。对一个确定的电容器其电容已确定, 不会随其带电量的

改变而改变,电容大小由电容器本身的因素决定,是用来表示电容器容纳电荷本领的物理量。

- ② 公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 是平行板电容器电容的决定式,只对平行板电容器适用。电容 C 随 ϵ 、 S 、 d 等因素的变化而变化。

5. 平行板电容器的动态分析

(1) 平行板电容器变化的两种模式。

- ① 电容器两极板电势差 U 保持不变(与电源连接)。
② 电容器的带电量 Q 保持不变(与电源断开)。

(2) 进行讨论的物理依据主要是三个。

- ① 平行板电容器的电容与极板距离 d , 正对面积 S , 电介质的相对介电常数 ϵ 间的关系 $C \propto \frac{\epsilon S}{d}$ 。

- ② 平行板电容器内部是匀强电场, $E = \frac{U}{d}$ 。

- ③ 电容器所带电量 $Q = CU$ 。

(3) 平行板电容器动态分析的基本步骤。

① 认清分析的前提是 Q 与 U 中的哪个量恒定不变: 一是电容器两板间的电势差 U 保持不变(与电源连接); 二是电容器所带的电荷量 Q 保持不变(与电源断开)。

- ② 用决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 判断电容 C 的变化趋势。

- ③ 由定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 判断 Q 与 U 中会发生变化的那个量的变化趋势。

- ④ 由 $E = \frac{U}{d}$ (常用于 U 不变时) 或 $E \propto \frac{Q}{S}$ (常用于 Q 不变时) 分析场强的变化。

(因为 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 所以 $E \propto \frac{Q}{S}$)

⑤ 由 $F = qE$ 分析电场中的点电荷受力变化, 进一步分析其运动状态。例如: 合力为零时, 带电体将处于静止或匀速直线运动状态; 合力方向与初速度方向在同一直线上时, 带电体将被加速或减速(初速为零必加速); 合力恒定且方向与初速度方向垂直时, 带电体将做类平抛运动等。

⑥ 选定某一极板为零电势, 用 $U = \pm Ed'$ 计算场中某点的电场以及判断其变化, 其中 d' 为该点到零电势极板的垂直距离, 当该点垂直指向零电势极板的方向与电场方向相同时取“+”, 反之取“-”。进一步判断场中任意两点间的电势差 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$, 由 $E = q\varphi$ 确定点电荷 q 在该点的电势能 E 的变化, 此时要注意 E 、 q 和 φ 都有正负之分。

三、全能突破

基础演练

1. 位移传感器能够将位移这个力学量通过电容器转化成电学量, 如图 1-8-1 所示, 电容器两极板固定不动, 带等量异种电荷, 且保持不变, 当被测物体带动电介质板向左移动时, 电容器()

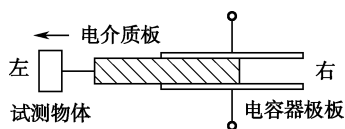


图 1-8-1

- A. 电容增大
B. 电容减小
C. 两极板电压变大
D. 两极板电压变小
2. 静电计是在验电器基础上制成, 用其指针张角的大小来定性显示其金属球与外壳之间电势差大小。如图 1-8-2 所示, A 、 B 是平行板电容器的两个金属板, A 板固定, 手握 B 板的绝缘柄, G 为静电计。开始时开关 S 闭合, 静电计 G 指针张开一定角度。则()

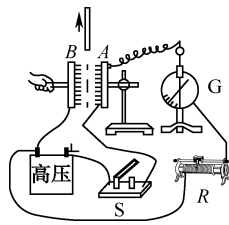


图 1-8-2

- A. 保持 S 闭合, 只将 A 、 B 两板靠近些, G 指针张角变小
B. 保持 S 闭合, 只将变阻器滑动触头向左移动, G 指针张角变大
C. 断开 S 后, 只将 A 、 B 两板分开些, G 指针张角变小
D. 断开 S 后, 只在 A 、 B 两板间插入电介质, G 指针张角变小
3. 如图 1-8-3 所示为某电容传声器结构示意图, 当人对着传声器讲话, 膜片会振动。若某次膜片振动时, 膜片与极板距离增大, 则在此过程中()
- A. 膜片与极板间的电容变小
B. 极板的带电量增大

- C. 膜片与极板间的电场强度增大
D. 电阻 R 中有电流通过

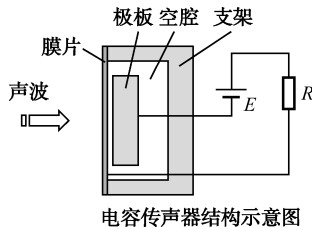


图 1-8-3

4. 如图 1-8-4 所示,让平行板电容器带电后,静电计的指针偏转一定角度。若不改变 A 、 B 两极板带的电量而使极板 A 向上移动少许,那么静电计指针的偏转角度()

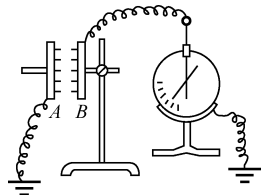


图 1-8-4

- A. 一定减少
B. 一定增大
C. 一定不变
D. 可能不变
5. 如图 1-8-5 所示为一平行板电容器,两板之间的距离 d 和两板正对面积 S 都可以调节,电容器两极与电池相连接。 Q 表示电容器的电量, E 表示两板间的电场强度,则()
- A. 当 d 增大, S 不变时, Q 减少, E 减少
B. 当 S 增大, d 不变时, Q 增大, E 增大
C. 当 d 减小, S 增大时, Q 增大, E 增大
D. 当 S 减小, d 增大时, Q 不变, E 增大
6. 一平行板电容器,带电量为 Q ,两板间距离为 d 。现增加电容器电量,减小两板间距离,则两板间()
- A. 电压一定增大
B. 电压一定减小
C. 电场强度一定增大
D. 电场强度一定减小

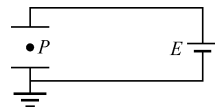


图 1-8-5

能力提升

7. 如图 1-8-6 所示 A 、 B 为两块水平放置的金属板,通过闭合的开关 S 分别与电源两极相连,两板中央各有一个小孔 a 和 b ,在 a 孔正上方某处一带电质点由静止开始下落,不计空气阻力,该质点到达 b 孔时速度恰为零,然后返回。现要使带电质点能穿出 b 孔,可行的方法是()
- A. 保持 S 闭合,将 A 板适当上移

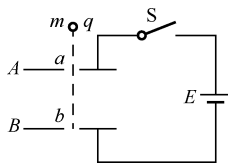


图 1-8-6

- B. 保持 S 闭合,将 B 板适当下移
C. 先断开 S ,再将 A 适当上移
D. 先断开 S ,再将 B 适当下移

8. 两块大小、形状完全相同的金属板正对水平放置,构成一个平行板电容器,将两金属板分别与电源两极相连接,如图 1-8-7 所示。闭合开关 S 达到稳定后,在两板间有一带电液滴 P 恰好处于静止状态。下列判断正确的是()

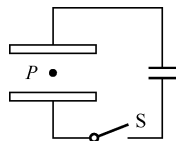


图 1-8-7

- A. 保持开关 S 闭合,减小两板间的距离,电容器电容增大,液滴向上运动
B. 保持开关 S 闭合,减小两板间的距离,电容器电容减小,液滴向下运动
C. 断开开关 S ,减小两板间的距离,电容器电容增大,液滴向上运动
D. 断开开关 S ,减小两板间的距离,电容器电容减小,液滴向下运动
9. 板间距为 d 的平行板电容器所带电荷量为 Q 时,两极板间电势差为 U_1 ,板间场强为 E_1 ,现将电容器所带电荷量变为 $2Q$,板间距变为 $1/2d$,其他条件不变,这时两极板间电势差为 U_2 ,板间场强为 E_2 ,下列说法正确的是()
- A. $U_2 = U_1, E_2 = E_1$
B. $U_2 = U_1, E_2 = 2E_1$
C. $U_2 = 2U_1, E_2 = 2E_1$
D. $U_2 = 2U_1, E_2 = 4E_1$
10. 如图 1-8-8 所示,一平行板电容器始终与电源连接,负极板接地,在两极板间有一正电荷(电量很小)固定在 P 点,如果使该电荷在 P 点的电势能增加,则以下措施可行的是()
- A. 上极板向上移少许
B. 上极板向下移少许
C. 下极板向上移少许
D. 下极板向下移少许

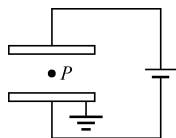


图 1-8-8

11. 如图 1-8-9 所示是一种电容式传感器的部分电路, A 为固定电极, B 为可动电极, A 、 B 组成一个电容大小可变的平行板电容器。当待测压力 F 施加在可动电极 B 上时,可动电极可以向上下平行移动,从而改变了电容器的电容。图中 S 一直闭合,如果施加图中所示的压力 F ,可以观察到原来静止的带电小球将要()
- A. 静止不动
B. 向上运动
C. 向下运动
D. 无法判断

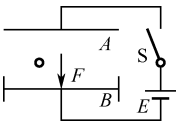


图 1-8-9

12. 如图 1-8-10 所示的两个平行板电容器水平放置, A 板用导线与 M 板相连, B 板和 N 板都接地。让 A 板带电后,在两个电容器间分别有 P 、 Q 两个带电油滴都处于静止状态。 AB 间电容为 C_1 ,电压为 U_1 ,带电量为 Q_1 , MN 间电容为 C_2 ,电压为 U_2 ,带电量为

Q_2 。若将 B 板稍向下移,下列说法正确的是()

- A. C_1 减小, C_2 增大
B. U_1 减小, U_2 增大
C. Q_1 减小, Q_2 增大
D. P 向下动, Q 向上动

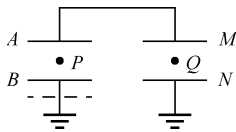


图 1-8-10

13. 用电压为 2.0V 的蓄电池对一个电容器充电时()

- A. 只要电路不断开,电容器的带电荷量就会不断增加
B. 电容器接电源正极的极板带正电,接电源负极的极板带负电
C. 电容器两极板所带电荷量之和叫做电容器的带电荷量
D. 充电后电容器两极板之间不存在电场

14. 两个电容并联电路,其中 $C_1 = 3\mu\text{F}$,耐压为 300V , $C_2 = 6\mu\text{F}$,耐压为 200V ,则该电路的等效电容及最大安全工作电压为()

- A. $9\mu\text{F}$ 500V B. $5\mu\text{F}$ 300V
C. $2\mu\text{F}$ 300V D. $9\mu\text{F}$ 200V

15. 如图 1-8-11 所示, a 、 b 两导体板组成一电容器,电容为 C ,带电荷量为 q ,然后用一根虚线所示导线连接,以下说法中正确的是()

- A. 导线中有恒定的电流
B. 导线中有短时间的电流
C. 通过导线的电荷量为 q
D. 通过导线的电荷量为 $2q$

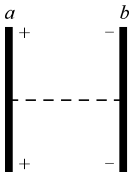


图 1-8-11

16. 如图 1-8-12 所示,平行板电容器与电动势为 E 的直流电源(内阻不计)连接,下极板接地,静电计所带电量很少,可被忽略。一带负电油滴被固定于电容器中,现将平行板电容器的下极板竖直向下移动一小段距离,则()

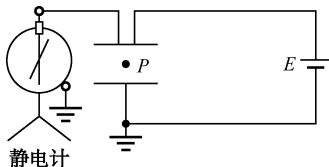


图 1-8-12

- A. 平行板电容器的电容值变大
B. 静电计指针张角变小
C. 带电油滴所受电场力不变
D. 若先将上极板与电源正极的导线断开再将下极板向下移动一小段距离,则带电油滴所受电场力不变
17. 如图 1-8-13 所示,平行板电容器与电动势为 E 的直流电源(内阻不计)连接,下极板接地。一带电油滴位于容器中的 P 点且恰好处于平衡状态。现将平行板电容器的上极板竖直向下移动一小段距离()
- A. 带点油滴将沿竖直方向向上运动
B. P 点的电势将降低
C. 带点油滴的电势能将减少
D. 电容器的电容减小,极板带电量也减小

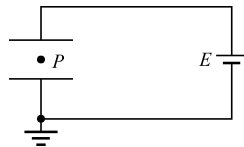


图 1-8-13

18. 如图 1-8-14 所示,平行板电容器的两极板 A 、 B 接入电池两极,一个带正电小球悬挂在两极板间,闭合开关 S 后,悬线偏离竖直方向的角度为 θ ,则()

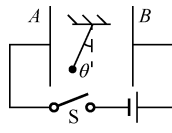


图 1-8-14

- A. 保持 S 闭合,使 A 板向 B 板靠近,则 θ 变大
B. 保持 S 闭合,使 A 板向 B 板靠近,则 θ 变小
C. 打开 S ,使 A 板向 B 板靠近,则 θ 变大
D. 打开 S ,使 A 板向 B 板靠近,则 θ 变小

19. 如图 1-8-15 所示的电路,闭合开关,水平放置的平行板电容器中有一个带电液滴正好处于静止状态。为了使液滴竖直向上运动,下列操作可行的是()

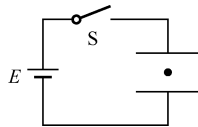


图 1-8-15

- A. 断开开关,将两板间的距离拉大一些
B. 断开开关,将两板水平地向相反方向移开一些
C. 保持开关闭合,将两板间的距离减小一些
D. 保持开关闭合,以两板各自的左侧板沿为轴,同时向上(即逆时针方向)转过一个小角度

20. 在如图 1-8-16 所示的实验装置中,平行板电容器的极板 A 与一灵敏的静电计的金属小球相连接,极板 B 及静电计的金属外壳接地,并使 A 、 B 两个极板充电。若极板 B 稍向上移动一点,由观察到的静电计指针变化做出平行板电容器电容变小的结论的依据是()

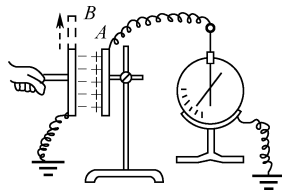
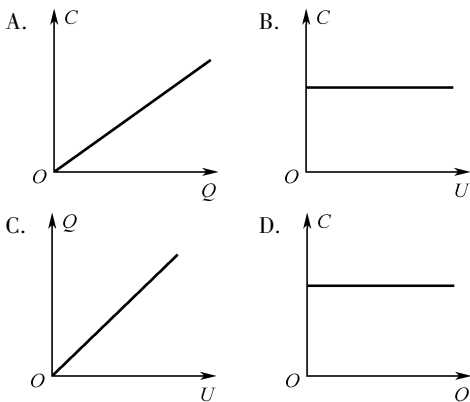


图 1-8-16

- A. 极板上的电荷量几乎不变,两极板间的电压变大
B. 极板上的电荷量几乎不变,两极板间的电压变小
C. 两极板间的电压不变,极板上的电荷量变小
D. 两极板间的电压不变,极板上的电荷量变大
21. 有一平行板电容器,将电荷充满之后断开电路,现在缓慢增大两板之间的距离,则可能会出现的情况是()
- A. U 变大, E 不变 B. U 不变, E 不变
C. U 变小, E 变小 D. U 不变, E 变小
22. 一个电容器的规格是“ 10F , 50V ”,则()
- A. 这个电容器只有加上 50V 电压时,电容才是 10F
B. 这个电容器能容纳的最大电荷量为 10C
C. 这个电容器储存的电荷量一定为 500C

D. 这个电容器两端的电压等于 10V 时,它两极板电荷量(绝对值)之和为 200C

23. 下列是描述一个给定的电容器充电时电量 Q 、电压 U 、电容 C 之间的相互关系图,其中不正确的是()



24. 把一个电容器、电流传感器、电阻、电源、单刀双掷开关按图 1-8-17 甲所示连接。先使开关 S 与 1 端相连,电源向电容器充电;然后把开关 S 掷向 2 端,电容器放电。与电流传感器相连接的计算机所记录这一过程中电流随时间变化的 $I-t$ 曲线如图乙所示。下列关于这一过程的分析,正确的是()

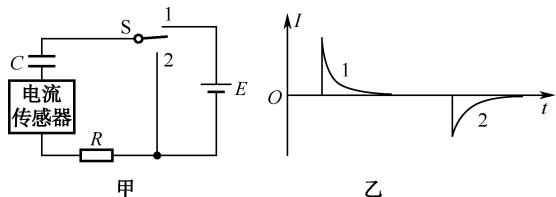


图 1-8-17

- A. 在形成电流曲线 1 的过程中,电容器两极板间电压逐渐减小
 B. 在形成电流曲线 2 的过程中,电容器的电容逐渐减小
 C. 曲线 1 与横轴所围面积等于曲线 2 与横轴所围面积
 D. S 接 1 端,只要时间足够长,电容器两极板间的电压就能大于电源电动势 E
25. 如图 1-8-18 所示为某位移传感器的原理示意图,平行金属板 A、B 和介质 P 构成电容器。则()
 A. A 向上移电容器的电容变大
 B. P 向左移电容器的电容变大
 C. A 向上移流过电阻 R 的电流方向从 N 到 M
 D. P 向左移流过电阻 R 的电流方向从 M 到 N

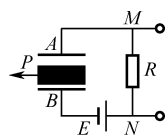


图 1-8-18

26. 如图 1-8-19 所示的电路可将声音信号转化为电信号。该电路中, b 是固定不动的金属板, a 是能在声波驱动下沿水平方向振动的镀有金属层的振动膜, a 、 b 构成了一个电容器,且通过导线与恒定电源两极相接。若声源 S 做简谐运动,则 a 振动过程中()

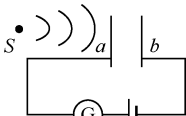


图 1-8-19

A. a 、 b 板之间的电场强度不变

B. a 、 b 板所带的电荷量不变

C. a 板向右位移最大时,电容器电容最大

D. 电路中始终有方向不变的电流

27. 如图 1-8-20 所示, A 、 B 、 C 为三块竖直平行放置的相同金属板, A 、 B 与电源连接后,用绝缘细线悬挂的带电小球处于静止时,细线与竖直方向的夹角为 α ,以下判断正确的是()

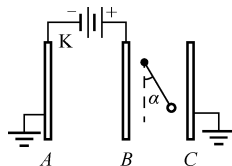


图 1-8-20

- A. 保持 K 闭合,把 C 板向右平移一些后, α 减小
 B. 保持 K 闭合,把 C 板向右平移一些后, α 变大
 C. 断开电键 K,把 C 板向右平移一些后, α 不变
 D. 断开电键 K,把 C 板向右平移一些后, α 变大
28. 如图 1-8-21 所示为“电容测厚传感器”系统的原理图。当被轧金属板材的厚度相对于要求值发生变化时,电容传感器的电容 C 发生变化。 C 的变化通过测量电路后,一方面由仪表读出板材厚度,另一方面通过反馈电路将偏差信号传送给压力调节器,使板材的厚度控制在规定的范围内。若仅改变电容器的正对面积 S 或板材厚度 h ,可使电容 C 增大的是()

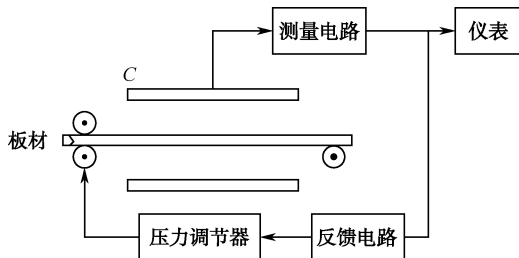


图 1-8-21

- A. S 减小 B. S 增大 C. h 减小 D. h 增大
29. 如图 1-8-22 所示的电路中,电容器的电容 $C_1 = 2C_2$,电源的电动势为 $E = 6.0\text{V}$,内阻为 $r = 1.0\Omega$,电压表的规格为 $1.0\text{k}\Omega$ 、 6.0V ,当电路达到稳定状态后,则()
 A. 电压表读数为 3.0V
 B. 电压表读数为 2.0V
 C. 静电计两端电势差为 6.0V
 D. 电压表上电势差为 6.0V

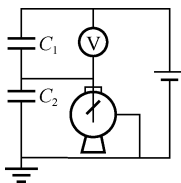


图 1-8-22

高考链接

30. (2012 全国理综) 如图 1-8-23 所示,一平行板电容器的两个极板竖直放置,在两极板间有一带电小球,小球用一绝缘轻线悬挂于 O 点。先给电容器缓慢充电,使两极板所带电荷量分别为 $+Q$ 和 $-Q$,此时悬线与竖直方向的夹角为 $\pi/6$ 。再给电容器缓慢充电,直到悬线和竖直方向的夹

角增加到 $\pi/3$, 且小球与两极板不接触。求第二次充电使电容器正极板增加的电荷量。

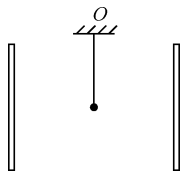


图 1-8-23

31. (2014 天津卷) 如图 1-8-24 所示, 平行金属板 A 、 B 水平正对放置, 分别带等量异号电荷。一带电微粒水平射入板间, 在重力和电场力共同作用下运动, 轨迹如图中虚线所示, 那么()

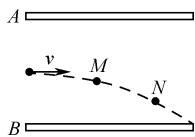


图 1-8-24

- A. 若微粒带正电荷, 则 A 板一定带正电荷
- B. 微粒从 M 点运动到 N 点电势能一定增加
- C. 微粒从 M 点运动到 N 点动能一定增加
- D. 微粒从 M 点运动到 N 点机械能一定增加

巅峰突破

32. 图 1-8-25(1) 是某同学设计的电容式位移传感器原理图, 其中右板为固定极板, 左板为可动极板, 待测物体固定在可动极板上。若两极板所带电量 Q 恒定, 极板两端电压 U 将随待测物体的左右移动而变化, 若 U 随时间 t 的变化关系为 $U = at + b$ (a 、 b 为大于零的常数), 其图像如图(2)所示, 那么图(3)、图(4)中反映极板间场强大小 E 和物体位移随 t 变化的图线是(设 $t=0$ 时物体位移为零)()

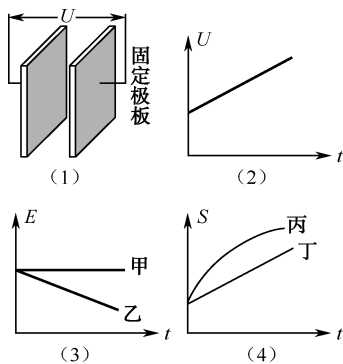


图 1-8-25

- A. 甲 B. 乙 C. 丙 D. 丁

第九节 带电粒子在电场中的运动

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 带电粒子在电场中的加速和偏转 2. 示波管的工作原理	1. 理解带电粒子在电场中的加速和偏转所遵循的规律,并能分析相关问题 2. 知道示波管的工作原理,会分析有关问题	II

二、知识解析

1. 平衡

带电粒子在电场中处于静止状态,设匀强电场两极板电压为 U ,板间距离为 d ,则 $mg = qE$, $q = \frac{mg}{E} = \frac{dmg}{U}$ 。

2. 带电粒子在电场中的加速

(1) 运动状态的分析:带电粒子沿与电场线平行的方向进入匀强电场,受到的电场力与运动方向在同一条直线上,做加(减)速直线运动。

(2) 用功能观点分析:电场力对带电粒子做的功等于带电粒子动能的增量,即 $qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

此方法既适用于匀强电场,也适用于非匀强电场。

3. 带电粒子在电场中的偏转

带电粒子以垂直匀强电场的场强方向进入电场后,做类平抛运动(如图 1-9-1 所示)。

(1) 运动状态分析:带电粒子以速度 v_0 垂直于电场线方向飞入匀强电场时,受到恒定的与初速度方向成 90° 角的电场力作用而做匀变速曲线运动。

(2) 偏转问题的分析处理方法:类似于平抛运动的分析处理,应用运动的合成和分解的知识。

① 沿初速度方向为匀速直线运动,运动时间: $t = \frac{l}{v_0}$

② 沿电场力方向为初速度为零的匀加速直线运动: $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$

③ 离开电场时的偏移量: $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{ql^2U}{2mv_0^2d}$

④ 离开电场时的偏转角: $\tan\theta = \frac{v_{\perp}}{v_0} = \frac{qlU}{mv_0^2d}$

(3) 两个重要结论。

① 不同的带电粒子从静止经过同一电场加速后进入同一偏转电场后,它们在电场中的偏转角度,偏转距离总相同,即其轨迹将重合。

② 粒子从偏转电场中射出时,速度的反向延长线与初速度延长线的交点平分沿初速度方向的位移,即粒子好像从该中点处沿直线飞离电场一样。

(4) 示波管的原理。

如图 1-9-2 所示为示波管的原理图

对示波管的分析有以下三种情形:

① 偏转电极不加电压:从电子枪射出的电子沿直线运动,射到荧光屏中心的点形成一个亮斑。

② 仅在 XX' 或 YY' 加电压:若所加电压稳定,则电子流被加速、偏转后射到 XX' (或 YY') 所在直线上某一点,形成一个亮斑(不在中心),如图 1-9-3 所示。

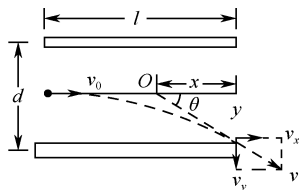


图 1-9-1

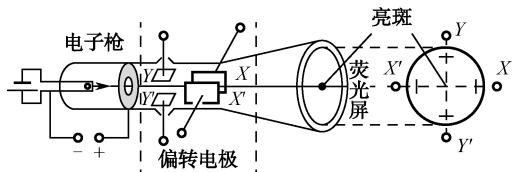


图 1-9-2

在右图中,设加速电压为 U_1 ,偏转电压为 U_2 ,电子电荷量为 e ,质量为 m ,由 $W = \Delta E_k$ 得 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$,在电场中侧移 $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU_2}{dm} t^2$,其中 d 为两板的间距,水平方向 $t = \frac{L}{v_0}$,又 $\tan \varphi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at}{v_0} = \frac{eU_2 L}{dmv_0^2}$,由以上各式得荧光屏上的侧移:

$$y' = y + L' \tan \varphi = \frac{eLU_2}{mv_0^2 d} \left(L' + \frac{L}{2} \right) = \tan \varphi \left(L' + \frac{L}{2} \right)$$

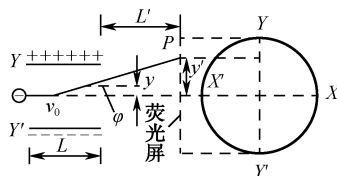


图 1-9-3

③ 若所加电压按正弦规律变化,如 $U = U_m \sin \omega t$,偏移也将按正弦规律变化,如 $x = x_m \sin \omega t$ 或 $y = y_m \sin \omega t$,即亮斑在水平方向或竖直方向做简谐运动。

提示:当电压变化很快时,亮斑移动很快,由于视觉暂留和荧光物质的残光特性,亮斑的移动看起来就成为一条水平或竖直的亮线。

4. 带电粒子在匀强电场和重力场的复合场中的运动的解题基本思路

一是,按照研究力学问题的基本方法,从力和运动或能量转换两条途径展开讨论;二是,把该物体看做处于各种场同时存在的复合场中。

(1) 用力的观点处理带电粒子的运动。

由于带电粒子在匀强电场中所受电场力与重力都是恒力,因此其处理方法有两种。

① 正交分解法或化曲为直法。

将复杂的运动分解为两个互相正交的比较简单直线运动,而这两个直线运动的规律是我们可以处理的,然后再按运动合成的观点去求出复杂运动的相关物理量。

② 等效“重力”法:将重力与电场力进行合成,如图 1-9-4 所示,则 $F_{\text{合}}$ 等效于“重力”。 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$ 等效于“重力加速度”。 $F_{\text{合}}$ 的方向等效于“重力”的方向即在重力场中的竖直向下方向。

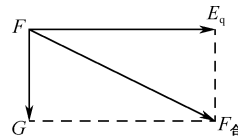


图 1-9-4

(2) 用功能观点处理带电粒子的运动。

首先对物体进行受力分析,分析物体的运动状态,进而根据题目选择恰当的规律来解题。

如选用动能定理,则要分清有多少个力做功,是恒力还是变力做功,以及初态和末态的动能增量;如选用能量守恒定律,则要分清有多少种形式的能在转化,哪种能量是增加的,哪种能量是减少的。

5. 在处理带电粒子在电场中的运动是否考虑重力的问题。

基本粒子:如电子、质子、 α 粒子、离子等除有说明或明确的暗示以外,一般都不考虑重力(但并不忽略质量)。

带电颗粒:如液滴、油滴、尘埃、小球等,除有说明或明确的暗示外,一般都不忽略重力。但如果重力远小于它在电场中受到的电场力,则其重力可忽略不计。但两力相差不多甚至重力更大时,就不能忽略重力了。

三、全能突破

基础演练

1. 如图 1-9-5 所示,光滑水平面上有一边长为 L 的正方形区域处在电场强度为 E 的匀强电场中,电场方向与正方形一边平行。一质量为 m 、带电量为 q 的小球由某一边的中点,以垂直于该边的水平速度 v_0 进入该正方形区域。当小球再次运动到该正方形区域的边缘时,具有的动能可能为()

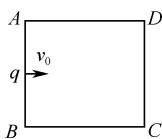


图 1-9-5

- A. $\frac{1}{2}mv_0^2$ B. $\frac{1}{2}mv_0^2 - qEL$
C. $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2}{3}qEL$ D. $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{4}qEL$
2. 如图 1-9-6 所示,两水平平行金属板的板长为 L ,两板之间有竖直向下的匀强电场(板外电场不计),一带电粒子以速度 v_0 垂直于场强方向沿上

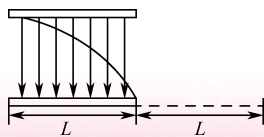


图 1-9-6

极板边缘射入匀强电场,刚好从下极板边缘飞出;如果该粒子的初速度大小为 v_1 ,从同一位置垂直于场强方向射入电场并能从其中射出,当它的竖直位移等于板间距离 d 时,水平射程为 $2L$ (图中未画出轨迹),不计带电粒子的重力。则粒子进入电场的初速度 v_1 等于()

- A. v_0 B. $\sqrt{2}v_0$ C. $\sqrt{3}v_0$ D. $2v_0$

3. 如图 1-9-7 所示是密立根油滴实验的示意图。油滴从喷雾器的喷嘴喷出,落到图中的匀强电场中,调节两板间的电压,通过显微镜观察到某一油滴静止在电场中。下列说法正确的是()

- A. 油滴带正电
B. 油滴带负电
C. 只要测出两板间的距离和电压就能求出油滴的电量
D. 该实验测得油滴所带电荷量等于元电荷的整数倍

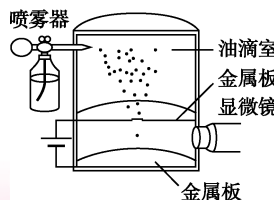


图 1-9-7

4. 如图 1-9-8 所示, 水平放置的平行金属板 A 、 B 连接在一恒定电源上, 两个质量相等的电荷 M 和 N , 同时分别从极板 A 的边缘和两极板的正中间, 沿水平方向进入板间匀强电场, 两电荷恰好在板间某点相遇。

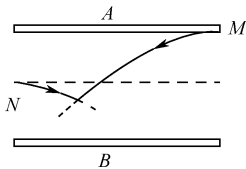


图 1-9-8

- 若不考虑电荷的重力和它们之间的相互作用, 从 M 、 N 进入两板间直到相遇的过程中, 下列说法正确的是()
- A. 两电荷运动的加速度大小相等
B. 两电荷速度偏角的大小相等
C. 两电荷进入电场时的初速度大小相等
D. 电场力对 M 做的功大于电场力对 N 做的功
5. 如图 1-9-9 甲所示, 两平行金属板 MN 、 PQ 的板长和板间距离相等, 板间存在如图乙所示的随时间周期性变化的电场, 电场方向与两板垂直, 在 $t=0$ 时刻, 一不计重力的带电粒子沿板间中线垂直电场方向射入电场, 粒子射入电场时的速度为 v_0 , $t=T$ 时刻粒子刚好沿 MN 板右边缘射出电场, 则()

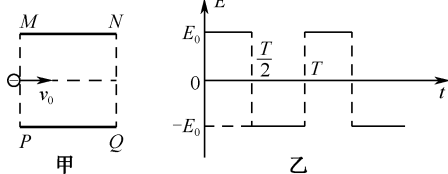


图 1-9-9

- A. 该粒子射出电场时的速度方向一定是沿垂直电场的方向
B. 在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻, 该粒子的速度大小为 $2v_0$
C. 若该粒子在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻以速度 v_0 进入电场, 则粒子会打在板上
D. 若该粒子的入射速度变为 $2v_0$, 则该粒子仍在 $t = T$ 时刻射出电场
6. 两平行导体板间距为 d , 两导体板加电压 U , 不计重力的电子以平行于极板的速度 v 射入两极板之间, 沿极板方向运动距离为 L 时侧移为 y 。如果要使电子的侧移 $y' = \frac{y}{4}$, 仅改变一个量, 下列哪些措施可行()

- A. 改变两平行导体板间距为原来的一半
B. 改变两导体板所加电压为原来的一半
C. 改变电子沿极板方向运动距离为原来的一半
D. 改变电子射入两极板时的速度为原来的 2 倍
7. 如图 1-9-10 所示, 带电粒子从 A 开始沿虚线穿过竖直放置的平行板电容器, 则粒子()

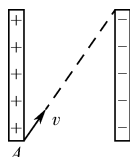


图 1-9-10

- A. 带负电
B. 做加速运动
C. 机械能增加
D. 电势能增大

8. 如图 1-9-11 所示, 竖直放置的平行金属板内部有匀强电场, 两个带电微粒 a 、 b 从两板下端连线的中点向上射入板间, 沿不同的轨迹运动, 最后都垂直打在金属板上。则可知()

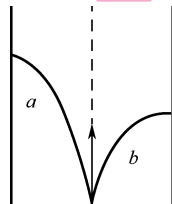


图 1-9-11

- A. 微粒 a 的入射速度较大
B. 微粒 a 打到金属板上的速度较大
C. 微粒 a 、 b 带异种电荷, 电荷量大小一定相等
D. 微粒 a 、 b 的质量一定不相等

能力提升

9. 如图 1-9-12 所示, 一质量为 m 、电荷量为 q 的小球在电场强度为 E 、区域足够大的匀强电场中, 以初速度 v_0 沿 ON 在竖直面内做匀变速直线运动。 ON 与水平面的夹角为 30° , 且 $mg = Eq$ 则()

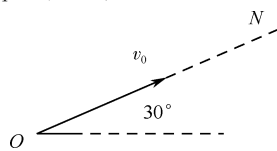


图 1-9-12

- A. 电场方向竖直向上
B. 小球运动的加速度大小为 $\sqrt{2}g$
C. 小球上升的最大高度为 $\frac{v_0^2}{4g}$
D. 小球返回原位置所用时间为 $\frac{2v_0}{g}$
10. 如图 1-9-13 甲所示, 两个平行金属板 a 、 b 竖直放置, 两板加如图乙所示的电压: $t=0$ 时刻在两板的正中央 O 点由静止开始释放一个电子, 电子仅在电场力作用下运动, 假设始终未与两板相碰, 则电子速度方向向左且大小逐渐减小的时间是()

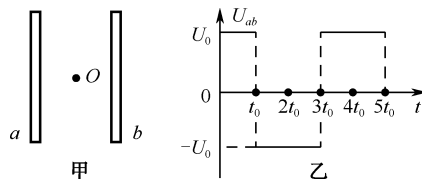


图 1-9-13

- A. $0 < t < t_0$
B. $t_0 < t < 2t_0$
C. $2t_0 < t < 3t_0$
D. $3t_0 < t < 4t_0$
11. 如图 1-9-14 所示, 在加速电场的负极板 p 点的离子源能不断产生出初速度为零, 质量分别为 m_1 、 m_2 的负一价和负二价的两种离子(不计重力)。两种离子经加速电场后, 都垂直射入偏转电场, 又都射出了偏转电场。下列关于两种离子运动情况的说法正确的是()
- A. 出偏转电场时, 负二价的离子偏转位移较大
B. 出偏转电场时, 负二价的离子偏转角度较大
C. 若 $m_1 > m_2$, 出偏转电场时, 负二价的离子偏转位移较大、偏转角度也较大
D. 若两种离子经加速电场先后从同一点垂直进入偏电

场,则它们将沿相同的运动轨迹做相同的运动

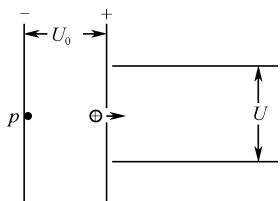


图 1-9-14

12. 示波器是一种常见的电学仪器,可以在荧光屏上显示被检测电压随时间变化的图像,如图 1-9-15 (1) 所示,从 K 连续逸出的电子,经电压 U_1 加速后,进入由竖直偏转(偏转电压为 U_2)和水平偏转(偏转电压为 U_3)组成的偏转电场,通过两偏转电场后,打到荧光屏上发光。若 $U_2 = U_3 = 0$,电子将打到荧光屏上的 O 点,则下列关于所加电压 U_2 、 U_3 和荧光屏上显示的图像的说法中,大致正确的是()

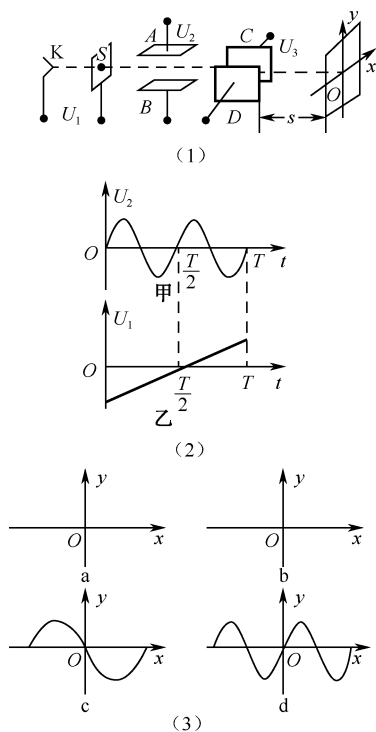


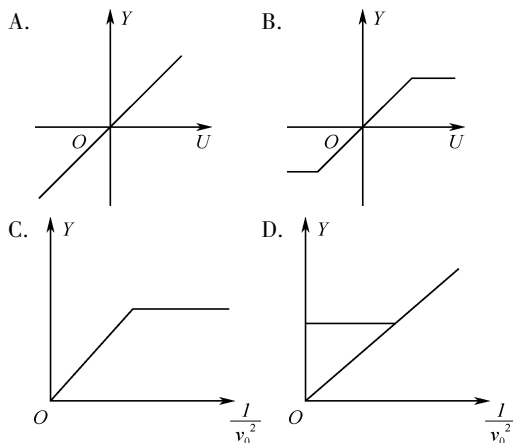
图 1-9-15

- A. 若 $U_3 = 0$ 、 U_2 如图(2)甲所示,则荧光屏上显示的图像如图(3)c 所示
 B. 若 $U_2 = 0$ 、 U_3 如图(2)乙所示,则荧光屏显示的图像如图(3)b 所示
 C. 若 U_2 、 U_3 分别如图(2)甲、乙所示,则荧光屏显示的图像如图(3)d 所示
 D. 若 U_2 、 U_3 分别如图(2)甲、乙所示,则荧光屏显示的图像如图(3)a 所示
13. 环形对撞机是研究高能粒子的重要装置。带电粒子在电压为 U 的电场中加速后注入对撞机的高真空圆环形状的空腔内,在匀强磁场中,做半径恒定的圆周运动带电粒子,且局限在圆环空腔内运动,粒子碰撞时发生核

反应。关于带电粒子的比荷 $\frac{q}{m}$,加速电压 U 和磁感应强度 B 以及粒子运动的周期 T 的关系,下列说法中正确的是()

- ① 对于给定的加速电压,带电粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ 越大,磁感应强度 B 越大
 ② 对于给定的加速电压,带电粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ 越大,磁感应强度 B 越小
 ③ 对于给定的带电粒子,加速电压 U 越大,粒子运动的周期 T 越小
 ④ 对于给定的带电粒子,不管加速电压 U 多大,粒子运动的周期 T 都不变。
- A. ①③ B. ②③ C. ①④ D. ②④

14. 在真空中水平放置一对金属板,两板间的电压为 U_1 ,一个电子以水平速度 v_0 沿两板中线射入电场,忽略电子所受的重力,电子在电场中的竖直偏移距离为 Y ,当只改变偏转电压 U (或只改变初速度 v_0),下列图像哪个能正确描述 Y 的变化规律()



15. 如图 1-9-16 所示,在 xOy 平面上第 I 象限内有平行于 y 轴的有界匀强电场,方向如图所示, y 轴上一点 P 的坐标为 $(0, y_0)$,有一电子以垂直于 y 轴的初速度 v_0 从 P 点垂直射入电场中,当匀强电场的场强为 E 时,电子从 A 点射出, A 点坐标为 $(x_A, 0)$,则 A 点速度与速度 v_0 的延长线交点坐标为()

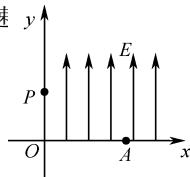


图 1-9-16

- A. $(0, y_0)$
 B. $(\frac{x_A}{3}, y_0)$
 C. $(\frac{1}{2}x_A, y_0)$
 D. (x_A, y_0)

16. 长度均为 L 的平行金属板 AB 相距为 d ,接通电源后,在两板之间形成匀强电场。在 A 板的中间有一个小孔 K ,一个带 $+q$ 的粒子 P 由 A 板上高 h 处的 O 点自由下落,从 K 孔中进入电场并打在 B 板上 K' 点处。当 P 粒子进入电场时,另一个与 P 相同的粒子 Q 恰好从两板

间距 B 板 $\frac{d}{2}$ 处的 O' 点水平飞入, 而且恰好与 P 粒子同时打在 K' 处。如果粒子进入电场后, 所受的重力和粒子间的作用力均可忽略不计, 判断以下正确的说法是 ()

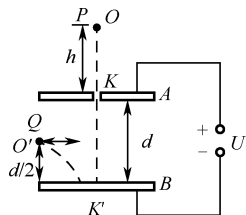


图 1-9-17

- A. P 粒子进入电场时速度的平方满足 $v^2 = \frac{d}{4}a$ (a 为粒子在电场中所受电场力产生的加速度大小)
- B. 将 P 、 Q 粒子电量均增为 $+2q$, 其他条件不变, P 、 Q 粒子同时进入电场后, 仍能同时打在 K' 点
- C. 保持 P 、 Q 原来的电量不变, 将 O 点和 O' 点均向上移动相同的距离 $\frac{d}{4}$; 且使 P 、 Q 同时进入电场, 则 P 粒子将先击中 K' 点
- D. 其他条件不变, 将 Q 粒子进入电场时的初速度变为原来的 2 倍, 将电源电压也增加为原来的 2 倍, P 、 Q 同时进入电场, 仍能同时打在 K' 点
17. 如图 1-9-18 所示, $MPQO$ 为有界的竖直向下的匀强电场 (边界上有电场), 电场强度为 $E = \frac{mg}{q}$, ACB 为光滑固定的半圆形轨道, 轨道半径为 R , A 、 B 为圆水平直径的两个端点, AC 为 $\frac{1}{4}$ 圆弧。一个质量为 m , 电荷量为 $-q$ 的带电小球, 从 A 点正上方高为 $H = R$ 处由静止释放, 并从 A 点沿切线进入半圆轨道, 不计空气阻力及一切能量损失, 关于带电小球的受力及运动情况, 下列说法正确的是 ()

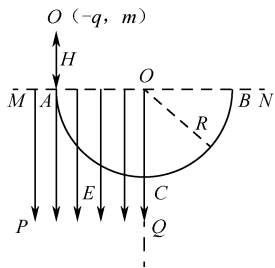


图 1-9-18

- A. 小球到达 C 点时对轨道压力为 $2mg$
- B. 小球在 AC 部分运动时, 加速度不变
- C. 适当增大 E , 小球到达 C 点的速度可能为零
- D. 若 $E = \frac{2mg}{q}$, 要使小球沿轨道运动到 C , 则应将 H 至少调整为 $\frac{3R}{2}$
18. 如图 1-9-19 所示, 一质量为 $m = 1.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$, 带电量 $q = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的小球, 用绝缘细线悬挂在水平向右的

匀强电场中, 假设电场足够大, 静止时悬线向左与竖直方向成 $\theta = 60^\circ$ 角。现突然将该电场方向变为竖直向上且大小不变, 不考虑因电场的改变而带来的其他影响, 小球在运动过程电量保持不变, 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$, 结果保留 2 位有效数字。

- (1) 判断小球带何种电荷, 并求电场强度 E ;
- (2) 求小球经过最低点时细线的拉力。

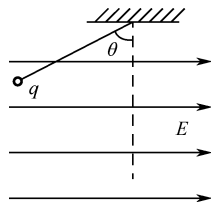
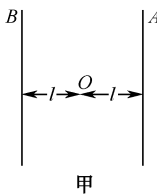
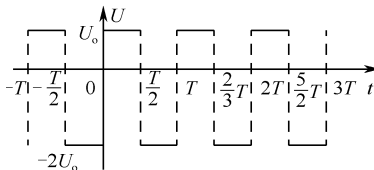


图 1-9-19

19. 如图 1-9-20 甲所示, A 和 B 是真空中、面积很大的平行金属板, O 是一个可以连续产生粒子的粒子源, O 到 A 、 B 的距离都是 l 。现在 A 、 B 之间加上电压, 电压 U_{AB} 随时间变化的规律如图乙所示。已知粒子源在交变电压的一个周期内可以均匀产生大量粒子, 粒子质量为 m 、电荷量为 $-q$ 。这种粒子产生后, 在电场力作用下从静止开始运动。设粒子一旦碰到金属板, 它就附在金属板上不再运动, 且电荷量同时消失, 不影响 A 、 B 板电势。不计粒子的重力, 不考虑粒子之间的相互作用力。已知上述物理量 $l = 0.6 \text{ m}$, $U_0 = 1.2 \times 10^3 \text{ V}$, $T = 1.2 \times 10^{-2} \text{ s}$, $m = 5 \times 10^{-10} \text{ kg}$, $q = 1 \times 10^{-7} \text{ C}$
- (1) 在 $t = 0$ 时刻出发的微粒, 会在什么时刻到达哪个极板?
- (2) 在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 范围内, 哪段时间内产生的微粒能到达 B 板?
- (3) 到达 B 板的微粒中速度最大为多少?



甲



乙

图 1-9-20

20. 绝缘的水平桌面上方有一竖直方向的矩形区域,该区域是由两个边长均为 L 的正方形区域 $ABED$ 和 $BCFE$ 相邻连接组成的且矩形的下边 DE 、 EF 与桌面相接。两个正方形区域中存在方向分别为水平向右、竖直向上且大小相等的匀强电场。现有一带正电的滑块由静止从 D 点释放进入场区。已知滑块所受静电力大小为所受重力大小的 2 倍,桌面与滑块之间的滑动摩擦因数为 0.5,重力加速度为 g ,滑块可以视作质点,以 D 点为坐标原点,建立坐标系如图 1-9-21 所示。求滑块最终离开电场时的位置坐标。

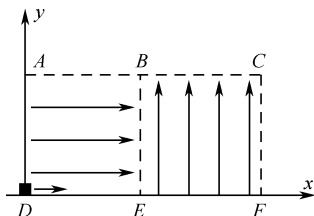


图 1-9-21

21. 如图 1-9-22 所示,有一初速度为零的电子(电量为 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)经 $U_0 = 5000 \text{ V}$ 的电压加速后,进入两块间距为 $d = 20 \text{ cm}$ 、电压为 $U = 10^4 \text{ V}$ 的平行金属板间,若电子从两板正中间垂直电场方向射入,且恰好能穿过电场。求:

- (1) 金属板的长度 L ;
- (2) 电子穿出电场时的动能 E_k 。

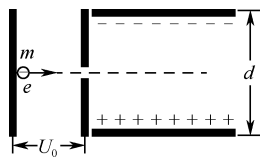


图 1-9-22

22. 如图 1-9-23 所示,一倾角为 37° 的足够长斜面,表面光滑绝缘, B 点以下区域处于电场强度 $E = 1.2 \times 10^4 \text{ N/C}$, 方向平行斜面向上的匀强电场中, BC 端被涂上动摩擦因数为 $\mu = 0.75$ 的绝缘介质,一小物块质量 $m = 1 \text{ kg}$,带电量 $q = 1 \times 10^{-3} \text{ C}$,从斜面上的 A 点静止释放,已知 AB 长为 $l_1 = \frac{25}{12} \text{ m}$, BC 长为 $l_2 = \frac{5}{12} \text{ m}$,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

- (1) 求小物块在运动过程中加速度的最大值,并指出此时加速度的方向和速度的方向;

- (2) 设小物块第一次返回的最高点为 D ,求 AD 的距离 l_3 ;
- (3) 求小物块在 BC 间运动的总路程。

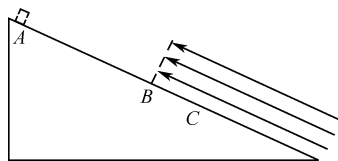


图 1-9-23

23. 如图 1-9-24 所示,粗糙的水平平台距地面高 $h = 1.6 \text{ m}$,平台右端有竖直向上的匀强电场,电场强度为 $E = 5.0 \times 10^3 \text{ V/m}$ 。水平平台左端挡板上固定一根轻质弹簧,弹簧的右端靠着一带电小滑块(与弹簧不固定),滑块质量为 $m = 1.0 \text{ kg}$,带电量为 $q = +1.0 \times 10^{-3} \text{ C}$ 。开始时弹簧被压缩,某时刻松开弹簧,小滑块运动到 A 点时与弹簧分离,并从水平平台边缘的 B 点水平飞出,最后落在地面上的 C 点。已知小滑块与水平平台间的动摩擦因数 $\mu = 0.25$, $s_1 = 2.2 \text{ m}$,落地点到平台的水平距离为 $s_2 = 4.0 \text{ m}$ 。运动过程中滑块带电量不变,不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 ,求:

- (1) 小滑块从平台边缘 B 点水平飞出时的速度大小。
- (2) 小滑块与弹簧分离时的速度大小。

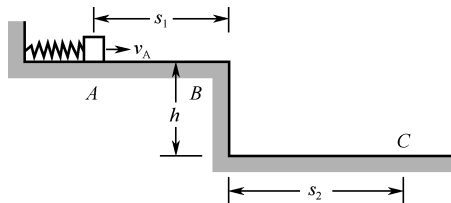


图 1-9-24

24. 如图 1-9-25 所示,一绝缘轨道由一段足够长的水平光滑的直杆 MN 和一半径为 R 的光滑半圆环 MAP 组成,固定在竖直平面内。现将一质量为 m 的带正电荷的小环套在 MN 杆上,由 D 点静止释放,刚好能到达 P 点。已知小环所受的电场力为重力的 $\frac{1}{2}$ 。

- (1) 求 DM 间的距离。
- (2) 小环运动到 A 点受到轨道的支持力。
- (3) 若将小环由 M 点右侧 Q 处静止释放,小环从 P 处射出后第一次落点在水平直杆 MN 上,求 Q 点距 M 点

的最近距离。

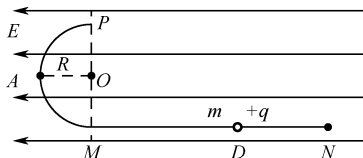


图 1-9-25

25. 如图 1-9-26 所示,一示波器偏转电极长为 $L=1.5\text{cm}$,板间距离为 $d=1.2\text{cm}$,两极板上加有 144V 的偏转电压。一个电子以初速度 $v_0=2.6\times 10^7\text{m/s}$ 沿两板的中轴线射入,已知电子的质量 $m=9.1\times 10^{-31}\text{kg}$,电量 $e=-1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 。求:

- (1) 电子经过偏转电场后的偏移 Y ;
- (2) 如果偏转电极的右边缘到荧光屏的距离为 $s=10\text{cm}$,则电子打到荧光屏上产生的光点偏离中心 O 点的距离 Y' 多大?

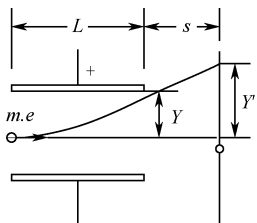


图 1-9-26

26. 如图 1-9-27 所示,在一光滑的绝缘水平面上,一对足够大的平行金属板 MN 、 OP 竖直固定放置,间距为 d 。两板间存在方向水平向右的匀强电场,电场强度大小为 E 。质量为 m 、电量为 q 的带正电小物块 A 从紧靠左板处由静止释放,与此同时,从紧靠右板处水平向左弹射出一个质量为 M 的不带电小物块 B ,一段时间后 A 、 B 恰好在两板间的中点发生碰撞且立刻结合成复合体 C ,带电量仍为 q ,小物块可视为质点。

- (1) 求小物块 B 射出时的初速度 v_0 的大小。
- (2) 碰撞后复合体 C 向左运动且能到达左板处,求 M 与 m 之间应满足的关系。

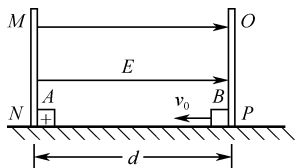


图 1-9-27

27. 图 1-9-28(1) 为示波管的工作原理示意图。由阴极发出的电子经电压 $U_0=880\text{V}$ 的加速电压加速后进入水平放置的偏转板 P 、 Q 之间,当偏转板之间不加电压时,电子打在荧光屏 MN 的中点 O ,荧光屏足够大,电子的运动轨迹为偏转板 P 、 Q 的对称轴。已知偏转板 P 、 Q 之间距离 $d=1.0\text{cm}$,长 $l=4.0\text{cm}$;偏转板右边缘与荧光屏的距离 $L=8.0\text{cm}$;电子的电量与质量之比(即比荷) $\frac{e}{m_e}=1.76\times 10^{11}\text{C/kg}$,由阴极发出的电子初速度可以忽略,不计电子的重力和电子之间的相互作用。

- (1) 求电子进入偏转板的速度 v_0 的大小;
- (2) 若偏转板间加上如图(2)所示的电压,从阴极不断地发出大量电子,被加速后进入偏转板,由于电子进入偏转板的速度很大,经过偏转极所用的时间与周期 T 相比可不计,求电子打在荧光屏上的范围。

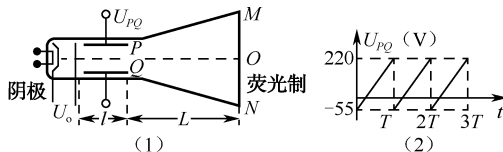


图 1-9-28

28. 如图 1-9-29 所示, xOy 平面为竖直平面,其中 x 轴沿水平方向,第一象限内 y 轴和过原点且与 x 轴正方向成 45° 角的直线之间存在一有界匀强电场 E_2 ,方向竖直向下,第二象限内有一匀强电场 E_1 , E_1 方向与 x 轴正方向成 45° 角斜向上。已知两个象限内电场的场强大小均为 E ,有一质量为 m 、电量为 $+q$ 的带电小球在水平细线的拉力作用下恰好静止在点 $(-1, 2t)$ 处,现剪断细线,小球从静止开始运动,从 E_1 进入 E_2 ,并从 E_2 边界上 A 点垂直穿过,最终打在 x 轴上 D 点,已知重力加速度为 g ,试求:

- (1) 场强大小 E ;
- (2) 小球在电场 E_2 中运动的时间 t ;
- (3) A 点的位置坐标;
- (4) 到达 D 点时小球的动能。

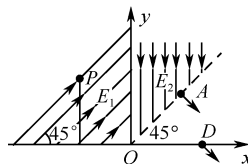


图 1-9-29

高考链接

29. (2012·江苏) 如图 1-9-30 所示,待测区域中存在匀强电场和匀强磁场,根据带电粒子射入时的受力情况可推测其电场和磁场。图中装置由加速器和平移器组成,平移器由两对水平放置、相距为 l 的相同平行金属板构成,极板长度为 l 、间距为 d ,两对极板间偏转电压大小相等、电场方向相反。质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子经加速电压 U_0 加速后,水平射入偏转电压为 U_1 的平移器,最终从 A 点水平射入待测区域。不考虑粒子受到的重力。

- (1) 求粒子射出平移器时的速度大小 v_1 ;
 (2) 当加速电压变为 $4U_0$ 时,欲使粒子仍从 A 点射入待测区域,求此时的偏转电压 U ;
 (3) 已知粒子以不同速度水平向右射入待测区域,刚进入时的受力大小均为 F 。现取水平向右为 x 轴正方向,建立如图所示的直角坐标系 $Oxyz$,保持加速电压为 U_0 不变,移动装置使粒子沿不同的坐标轴方向射入待测区域,粒子刚射入时的受力大小如下表 1-9-1 所示。

表 1-9-1

射入方向	y	$-y$	z	$-z$
受力大小	$\sqrt{5}F$	$\sqrt{5}F$	$\sqrt{7}F$	$\sqrt{3}F$

请推测该区域中电场强度和磁感应强度的大小及可能的方向。

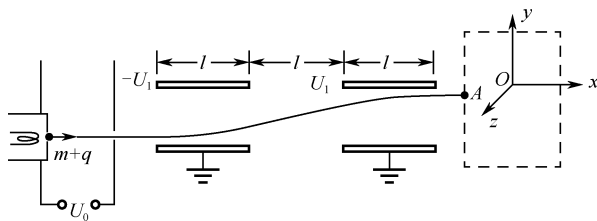


图 1-9-30

30. (2012·北京) 匀强电场的方向沿 x 轴正向,电场强度 E 随 x 的分布如图 1-9-31 所示。图中 E_0 和 d 均为已知量,将带正电的质点 A 在 O 点由静止释放, A 离开电场足够远后,再将另一带正电的质点 B 放在 O 点也由静止释放,当 B 在电场中运动时, A 、 B 间的相互作用力及相互作用能均为零; B 离开电场后, A 、 B 间的相互作用视为静电作用,已知 A 的电荷量为 Q , A 和 B 的质量分别为 m 和 $\frac{m}{4}$,不计重力。

- (1) 求 A 在电场中的运动时间 t ;
 (2) 若 B 的电荷量 $q = \frac{4}{9}Q$,求两质点相互作用能的最大值 E_{pm} ;

- (3) 为使 B 离开电场后不改变运动方向,求 B 所带电荷量的最大值 q_m 。

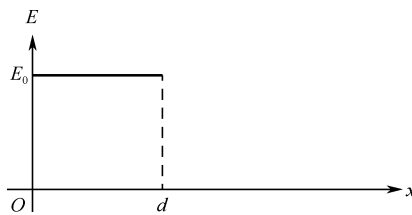


图 1-9-31

31. (2014 年全国卷) 如图 1-9-32 所示, O 、 A 、 B 为同一竖直面内的三个点, OB 沿竖直方向, $\angle BOA = 60^\circ$, $OB = \frac{3}{2}OA$ 。将一质量为 m 的小球以一定的初动能自 O 点水平向右抛出,小球在运动过程中恰好通过 A 点。使此小球带电,电荷量为 q ($q > 0$),同时加一匀强电场,场强方向与 $\triangle OAB$ 所在平面平行。现从 O 点以同样的初动能沿某一方向抛出此带电小球,该小球通过了 A 点,到达 A 点时的动能是初动能的 3 倍;若该小球从 O 点以同样的初动能沿另一方向抛出,恰好通过 B 点,且到达 B 点时的动能为初动能的 6 倍(重力加速度大小为 g),求

- (1) 无电场时,小球到达 A 点时的动能与初动能的比值;
 (2) 电场强度的大小和方向。

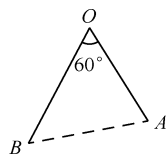
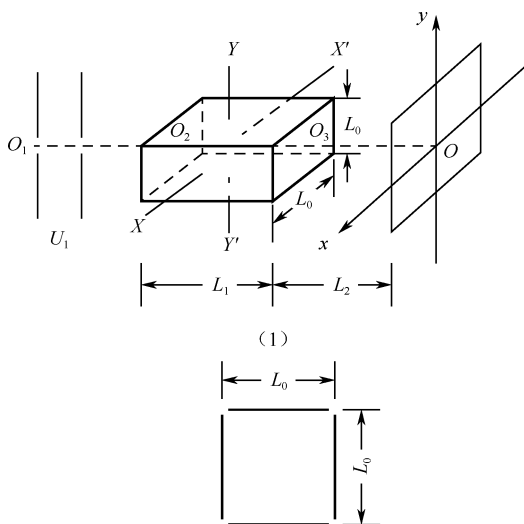


图 1-9-32

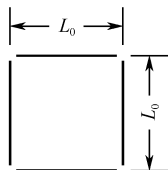
巅峰突破

32. 如图 1-9-33(1) 所示为某仪器内部结构图,由 O_1 处静止释放的电子经加速电压 U_1 加速后沿横截面为正方形的金属盒中轴线 O_2O_3 射入金属盒, O_2 为金属盒左端面的中心,金属盒由上下两个水平放置、前后两个竖直放置,长为 L_1 、宽为 L_0 的金属薄板组成(它们不相连),金属盒横截面如图(2)所示,距盒右端面 L_2 处有一面积足够大并与 O_2O_3 相垂直的接收屏,屏中心为 O , $O_1O_2O_3O$ 在同一水平直线上。屏上所设直角坐标轴的 X 轴垂直纸面向外。仪器可在盒前、后两面及上、下两面加如图(3)所示的 $U_{xx}'-t$ 扫描电压及 $U_{yy}'-t$ 的正弦交流电压。设电子的质量为 m ,带电量为 e ,图中 U_0 、 T 均为已知量。设所有入射的电子均能到达屏,不计电子所受重力、电子间的相互作用及电子由静止释放到 O_2 的运动时间。在每个电子通过电场的极短时间内,电场可视为恒定的。

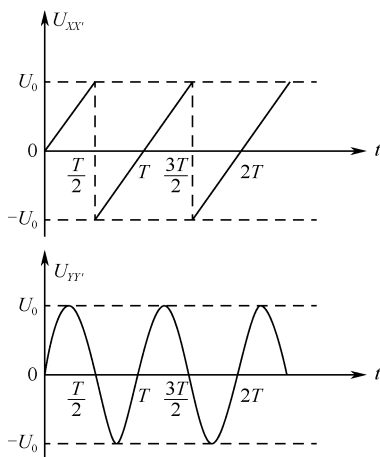
- (1) 如仪器只提供 $U_{xx}'-t$ 扫描电压,请定性说明 $t = T/4$ 时刻入射的电子在盒内及离盒后各做什么运动;



(1)



(2)



(3)

图 1-9-33

(2) 如仪器只提供 $U_{xx'}-t$ 扫描电压, 试计算 $t = T/4$ 时刻入射的电子打在屏上的坐标;

(3) 如果在盒内同时具有 $U_{xx'}-t$ 扫描电压和 $U_{yy'}-t$ 的正弦交流电压, 请在提供的坐标图上标出 $t = T/2$ 至 $t = 3T/2$ 时间段入射的电子打在屏上所留下的痕迹示意图, 其中坐标图上每单位长度为 $\frac{L_1(L_1 + 2L_2)U_0}{8L_0U_1}$ [不要求计算过程]。



33. 如图 1-9-34 所示, 匀强电场中有一半径为 r 的光滑绝缘圆轨道, 轨道平面与电场方向平行。a、b 为轨道直径的两端, 该直径与电场方向平行。一电荷量为 $q(q > 0)$ 的质点沿轨道内侧运动, 经过 a 点和 b 点时对轨道压力的大小分别为 N_a 和 N_b 。不计重力, 求电场强度的大小 E 、质点经过 a 点和 b 点时的动能。

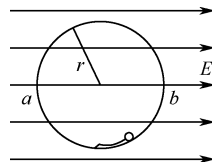
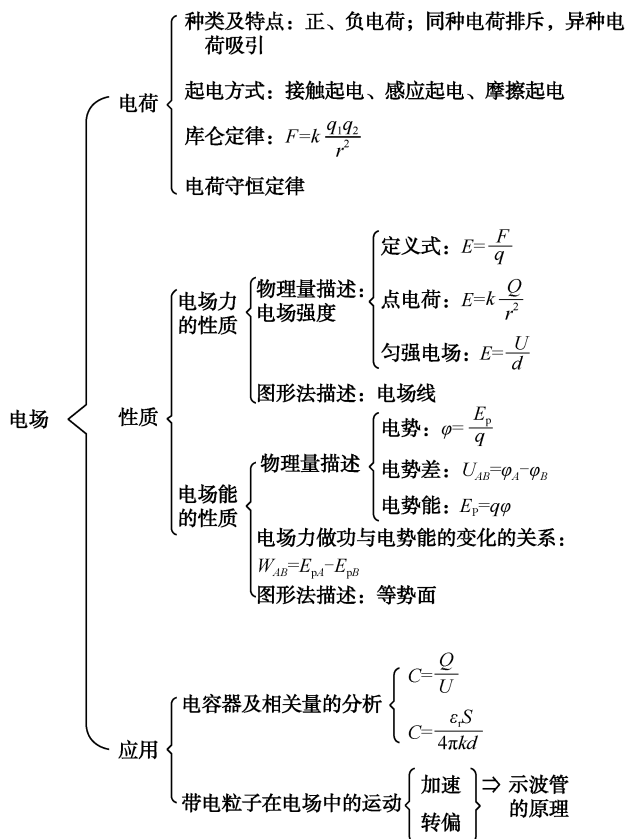


图 1-9-34

方法技巧归纳

一、本章知识结构图



二、本章知识技巧归纳

1. 电场的几个物理量的求解思路

(1) 确定电场强度的思路。

① 定义式： $E=\frac{F}{q}$ 。

② 库仑定律： $E=\frac{kQ}{r^2}$ (真空中点电荷)。

③ 电场强度的叠加原理，场强的矢量和。

④ 电场强度与电势差的关系： $E=\frac{U}{d}$ (限于匀强电场)。

⑤ 导体静电平衡时，内部场强为零即感应电荷的场强与外电场的场强等大反向， $E_{\text{感}}=-E_{\text{外}}$ 。

⑥ 电场线(等势面)确定场强方向，定性确定场强。

(2) 确定电势的思路。

① 定义式： $\varphi=\frac{E_p}{q}$ 。

② 电势与电势差的关系： $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$ 。

③ 电势与场源电荷的关系：越靠近正电荷，电势越高；越靠近负电荷，电势越低。

④ 电势与电场线的关系：沿电场线方向，电势逐渐降低。

⑤ 导体静电平衡时，整个导体为等势体，导体表面为等势面。

(3) 确定电势能的思路。

①与静电力做功关系： $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$ ，静电力做正功，电势能减小；静电力做负功，电势能增加。

②与电势关系： $E_p = q\varphi_p$ ，正电荷在电势越高处电势能越大，负电荷在电势越低处电势能越大。

③与动能关系：只有静电力做功时，电势能与动能之和为常数，动能越大，电势能越小。

4. 确定电场力的功的思路。

①根据电场力的功与电势能的关系：电场力做的功等于电势能的减少量， $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$ 。

②应用公式 $W_{AB} = qU_{AB}$ 计算：

符号规定是：所移动的电荷若为正电荷， q 取正值；若为负电荷， q 取负值；若移动过程的始点电势 φ_A 高于终点电势 φ_B ， U_{AB} 取正值；若始点电势 φ_A 低于终点电势 φ_B ， U_{AB} 取负值。

③应用功的定义式求解匀强电场中电场力做的功： $W = qEl\cos\theta$ 。

注意：此法只适用于匀强电场中求电场力的功。

④由动能定理求解电场力的功： $W_{\text{电}} + W_{\text{其他}} = \Delta E_k$ 。

即若已知动能的改变和其他力做功情况，就可由上述式子求出电场力做的功。

2. 电场力做功与能量转化

(1) 带电的物体在电场中具有电势能，同时还可能具有动能和重力势能等机械能，用能量观点处理问题是一种简捷的方法。

(2) 处理这类问题，首先要进行受力分析及各力做功情况分析，再根据做功情况选择合适的规律列式求解。

(3) 常见的几种功能关系

①只要外力做功不为零，物体的动能就要改变（动能定理）。

②静电力只要做功，物体的电势能就要改变，且静电力做的功等于电势能的减少量， $W_{\text{电}} = E_{p1} - E_{p2}$ 。如果只有静电力做功，物体的动能和电势能之间相互转化，总量不变（类似机械能守恒）。

③如果除了重力和静电力之外，无其他力做功，则物体的动能、重力势能和电势能三者之和不变。

3. 处理带电粒子在电场中运动问题的两条主线

带电粒子在电场中的运动，是一个综合电场力、电势能的力学问题，研究的方法与质点动力学相同，它同样遵循运动的合成与分解、力的独立作用原理、牛顿运动定律、动能定理、功能原理等力学规律，研究时，主要可以按以下两条线索展开。

(1) 力和运动的关系——牛顿第二定律。

做好受力分析，根据带电粒子受到的电场力，用牛顿第二定律找出加速度，结合运动学公式确定带电粒子的速度、位移等。这条线索通常适用于恒力作用下做匀变速运动的情况。

(2) 功和能的关系——动能定理。

做好受力情况和运动情况的分析，根据电场力对带电粒子所做的功，引起带电粒子的能量发生变化，利用动能定理或全过程中能量的转化，研究带电粒子的速度变化、经过的位移等，这条线索同样也适用于非匀强电场。

【例1】如图1-10-1所示，在绝缘的水平面上，相隔 $2L$ 的 AB 两点固定有两个电量均为 Q 的正点电荷， C 、 O 、 D 是 AB 连线上的三个点， O 为连线的中点， $CO = OD = \frac{L}{2}$ 。一质量为 m 、电量为 q 的带电物块以初速度 v_0 从 C 点出发沿 AB 连线向 B 运

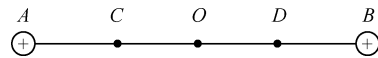


图 1-10-1

动，运动过程中物块受到大小恒定的阻力作用，但在速度为零时，阻力也为零。当物块运动到 O 点时，物块的动能为初动能的 n 倍，到达 D 点刚好速度为零，然后返回做往复运动，直至最后静止在 O 点。已知静电力恒量为 k ，求：

(1) AB 两处的点电荷在 C 点产生的电场强度的大小；

(2) 物块在运动中受到的阻力的大小；

(3) 带电物块在电场中运动的总路程。

【解答】(1) 设两个正点电荷在电场中 C 点的场强分别为 E_1 和 E_2 ，在 C 点的合场强为 E_c 。

$$E_1 = \frac{kQ}{\left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

$$E_2 = \frac{kQ}{\left(\frac{3L}{2}\right)^2}$$

$$E_c = E_1 + E_2$$

$$E_c = \frac{32kQ}{9L^2}$$

(2) 带电物块从 C 点运动到 D 点的过程中，先加速后减速。 AB 连线上对称点 $\varphi_C = \varphi_D$ ，电场力对带电物块做功为零，

设物块受到的阻力为 f , 由动能定理

$$-fL = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$f = \frac{1}{2L}mv_0^2$$

(3) 设带电物块从 C 到 O 点电场力做功为 $W_{\text{电}}$, 由动能定理

$$W_{\text{电}} - f \cdot \frac{L}{2} = n \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$W_{\text{电}} = \frac{mv_0^2}{4}(2n-1)$$

设带电物块在电场中运动的总路程为 S , 由动能定理

$$W_F - fS = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$S = (n+0.5)L$$

$$\text{答案 (1)} E_c = \frac{32kQ}{9L^2} \quad (2) \frac{1}{2L}mv_0^2 \quad (3) S = (n+0.5)L$$

【例2】如图1-10-2所示,把一个质量为 m 、带正电荷且电量为 q 的小物块 m 放在一个水平轨道的 P 点上,在轨道的 O 点有一面与轨道垂直的固定墙壁。轨道处于匀强电场中,电场强度的大小为 E ,其方向与轨道 (Ox 轴) 平行且方向向左。若把小物块 m 从静止状态开始释放,它能够沿着轨道滑动。已知小物体 m 与轨道之间的动摩擦因数恒为 μ , P 点到墙壁的距离为 x_0 , 若 m 与墙壁发生碰撞时,其电荷 q 保持不变,而且碰撞为完全弹性碰撞 (不损失机械能)。求:

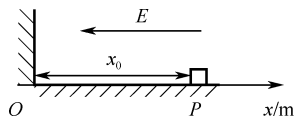


图 1-10-2

(1) 如果在 P 点把小物块从静止状态开始释放,那么它第 1 次撞墙之后瞬时速度为零的位置坐标 x_1 、第 2 次撞墙之后速度为零的位置坐标 x_2 的表达式分别是什么?

(2) 如果在 P 点把小物块从静止状态开始释放,那么它最终会停留在什么位置? 从开始到最后它一共走了多少路程 (s)?

(3) 如果在 P 点瞬间给小物块一个沿着 x 轴向右的初始冲量,其大小设为 I ,那么它第一次又回到 P 点时的速度 (v_1) 大小是多少? 它最终会停留在什么位置? 从开始到最后它一共走了多少路程 (s)?

【解答】由题意分析知,小物块 m 沿着轨道滑动时,水平方向上受到二力:滑动摩擦力 $f = \mu mg$ 和电场力 qE ,而且总是有: $qE > \mu mg$ ①

(1) 设第一次速度为零的位置坐标为 x_1 ,取墙面为零电势面,则在这一运动过程中应用功能关系有:

$$\mu mgx_0 + \mu mgx_1 = qEx_0 - qEx_1 \quad ②$$

$$x_1 = \frac{qE - \mu mg}{qE + \mu mg}x_0 \quad ③$$

设第二次速度为零的位置坐标为 x_2 ,取墙面为零电势面,则在第二次运动过程中应用功能关系有:

$$\mu mgx_1 + \mu mgx_2 = qEx_1 - qEx_2 \quad ④$$

$$x_2 = \frac{qE - \mu mg}{qE + \mu mg}x_1 \quad ⑤$$

即:

$$x_2 = \left(\frac{qE - \mu mg}{qE + \mu mg} \right)^2 x_0 \quad ⑥$$

(2) 它最终会停留在 O 点

对从开始到最终的整个运动过程应用功能关系有:

$$\mu mgs = qEx_0 \quad ⑦$$

$$s = qEx_0 / \mu mg \quad ⑧$$

(3) 由动量定理知,小物块获得一个向右的初始冲量 I ,那么向右运动的初速度:

$$v_0 = I/m \quad ⑨$$

设第一次瞬时速度为零的位置坐标为 x_1 ,取墙面为零电势面,则在这一运动过程中应用功能关系有:

$$\mu mg(x_1 - x_0) = \frac{1}{2}mv_0^2 - (qEx_1 - qEx_0) \quad ⑩$$

得:

$$x_1 = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2 + (Eqx_2 + \mu mg)}{Eq + \mu mg}x_0$$

同上道理,对从开始到第一次又回到 P 点这一过程应用功能关系有:

$$2\mu mg(x_1 - x_0) = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$$

得:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \mu mg(x_1 - x_0)}$$

即:

$$v_1 = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{qE - \mu mg}{qE + \mu mg}}$$

小物块最终仍会停留在 O 点。

设从开始到最后一共走的路程为 s' , 全过程应用功能关系有:

$$\mu mgs' = qEx_0 + \frac{1}{2}mv_0^2$$

得:

$$s' = \frac{qEx_0 + \frac{1}{2}mv_0^2}{\mu mg}$$

即:

$$s' = \frac{qEx_0 + \frac{1}{2} \frac{1}{m} I^2}{\mu mg}$$

$$\text{答案 (1) } x_2 = \left(\frac{qE - \mu mg}{qE + \mu mg} \right)^2 x_0 \quad (2) s = qEx_0 / \mu mg \quad (3) s' = \frac{qEx_0 + \frac{1}{2} \frac{1}{m} I^2}{\mu mg}$$

【例3】质谱分析技术已广泛应用于各前沿科学领域。汤姆孙发明电子的质谱装置示意图1-10-3所示, M 、 N 为两块水平放置的平行金属极板, 板长为 L , 板右端到屏的距离为 D , 且 D 远大于 L , $O'O$ 为垂直于屏的中心轴线, 不计离子重力 and 离子在板间偏离 $O'O$ 的距离。以屏中心 O 为原点建立 xOy 直角坐标系, 其中 x 轴沿水平方向, y 轴沿竖直方向。

(1) 设一个质量为 m_0 、电荷量为 q_0 的正离子以速度 v_0 沿 $O'O$ 的方向从 O' 点射入, 板间不加电场和磁场时, 离子打在屏上 O 点。若在两极板间加一沿 $+y$ 方向场强为 E 的匀强电场, 求离子射到屏上时偏离 O 点的距离 y_0 。

(2) 假设你利用该装置探究未知离子, 试依照以下实验结果计算未知离子的质量数。上述装置中, 保留原电场, 再在板间加沿 $-y$ 方向的匀强磁场。现有电荷量相同的两种正离子组成的离子流, 仍从 O' 点沿 OO' 方向射入, 屏上出现两条亮线。在两线上取 y 坐标相同的两个光点, 对应的 x 坐标分别为 3.24mm 和 3.00mm , 其中 x 坐标大的光点是碳 12 离子击中屏产生的, 另一光点是未知离子产生的。尽管入射离子速度不完全相同, 但入射速度都很大, 且在板间运动时 OO' 方向的分速度总是远大于 x 方向和 y 方向的分速度。

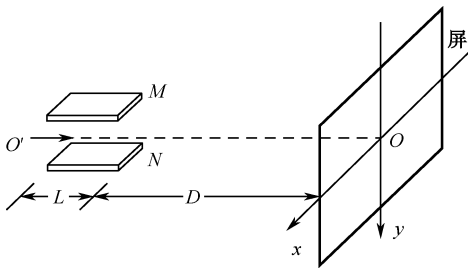


图 1-10-3

【解答】(1) 离子在电场中受到的电场力

$$F_y = q_0 E \quad ①$$

$$\text{离子获得的加速度 } a_y = \frac{F_y}{m_0} \quad ②$$

$$\text{离子在板间运动的时间 } t_0 = \frac{L}{v_0} \quad ③$$

$$\text{到达极板右边缘时, 离子在 } +y \text{ 方向的分速度 } v_y = a_y t_0 \quad ④$$

$$\text{离子从板右端到达屏上所需时间 } t_0' = \frac{D}{v_0} \quad ⑤$$

$$\text{离子射到屏上时偏离 } O \text{ 点的距离 } y_0 = v_y t_0'$$

$$\text{由上述各式, 得 } y_0 = \frac{q_0 E L D}{m_0 v_0^2} \quad ⑥$$

$$(2) \text{ 设离子电荷量为 } q, \text{ 质量为 } m, \text{ 入射时速度为 } v, \text{ 磁场的磁感应强度为 } B, \text{ 磁场对离子的洛伦兹力 } F_x = qvB \quad ⑦$$

已知离子的入射速度都很大, 因而离子在磁场中运动时间甚短, 所经过的圆弧与圆周相比甚小, 且在板间运动时, OO' 方向的分速度总是远大于在 x 方向和 y 方向的分速度, 洛伦兹力变化甚微, 故可作恒力处理, 洛伦兹力产生的加速

$$\text{度 } a_x = \frac{qvB}{m} \quad ⑧$$

$$a_x \text{ 是离子在 } x \text{ 方向的加速度, 离子在 } x \text{ 方向的运动可视为初速度为零的匀加速直线运动, 到达极板右端时, 离子在 } x \text{ 方向的分速度 } v_x = a_x t = \frac{qvB}{m} \left(\frac{L}{v} \right) = \frac{qBL}{m} \quad ⑨$$

$$\text{离子飞出极板到达屏时, 在 } x \text{ 方向上偏离 } O \text{ 点的距离 } x = v_x t' = \frac{qBL}{m} \left(\frac{D}{v} \right) = \frac{qBLD}{mv} \quad ⑩$$

当离子的初速度为任意值时,离子到达屏上时的位置在 y 方向上偏离 O 点的距离为 y ,考虑到⑥式,得 $y = \frac{qELD}{mv^2}$ ⑪

由⑩、⑪两式得 $x^2 = \frac{k}{m}y$ ⑫

其中 $k = \frac{qB^2LD}{E}$

上式表明, k 是与离子进入板间初速度无关的定值,对两种离子均相同,由题设条件知, x 坐标 3.24mm 的光点对应的是碳 12 离子,其质量为 $m_1 = 12u$ (u 为原子质量单位); x 坐标 3.00mm 的光点对应的是未知离子,设其质量为 m_2 ,由⑫式代入数据可得 $m_2 \approx 14u$ ⑬,故该未知离子的质量数为 14。

答案(1) $y_0 = \frac{q_0ELD}{m_0v_0^2}$ (2) 该未知离子的质量数为 14

【例 4】示波器是一种多功能电学仪器,可以在荧光屏上显示出被检测的电压波形。它的原理等效成下列情况:如图 1-10-4 甲所示,真空室电极 K 发出电子(初速不计),经过电压为 U_1 的加速电场后,由小孔 S 沿水平金属板 A 、 B 间的中心线射入板中。板长 L ,相距为 d ,在两板上加上如图乙所示的正弦交变电压,前半周期内 B 板的电势高于 A 板的电势,电场全部集中在两板之间,且分布均匀。在每个电子通过极板的极短时间内,电场视作恒定的。在两极板右侧且与极板右侧相距 D 处有一个与两极板中心线垂直的荧光屏,中心线正好与屏上坐标原点正交。当第一电子到达坐标原点 O 时,使屏以速度 v 沿 $-x$ 方向运动,每经过一定时间后,在一个极短的时间内它又跳回初始位置(可忽略不计),然后重新做同样的匀速运动。(已知电子的质量为 m ,带电量为 e ,不计电子的重力)求:

(1) 电子进入 AB 板时的初速度

(2) 要使所有的电子能够打到荧光屏上,图乙中电压的最大值 U_0 需满足什么条件?

(3) 要使荧光屏上始终显示一个完整的波形,荧光屏必须每隔多长时间回到初始位置? 计算这个波形的峰值和长度。在图丙所示的 $x-y$ 坐标系中画出这个波形。

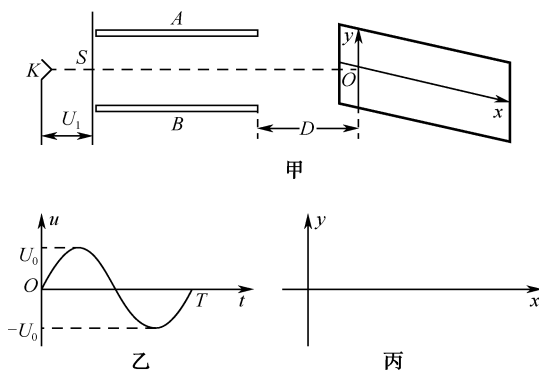


图 1-10-4

【解答】(1) 电子在加速电场中运动,根据动能定理,有 $eU_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$, $v_1 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$

(2) 因为每个电子在板 A 、 B 间运动时,电场均匀、恒定,故电子在板 A 、 B 间做类平抛运动,在两极板之外做匀速直线运动打在屏上。在 A 、 B 板间沿水平方向运动时,有 $L = v_1t$,竖直方向,有 $y' = \frac{1}{2}at^2$,所以 $y' = \frac{eUL^2}{2mdv_1^2}$

只要偏转电压最大时的电子能飞出极板打在屏上,则所有的电子都能打到屏上。所以 $y'_m = \frac{eU_0L^2}{2mdv_1^2} < \frac{d}{2}$, $U_0 < \frac{2d^2U_1}{L^2}$

(3) 要保持一个完整的波形,荧光屏必须每隔周期 T ,回到初始位置。设某个电子运动的轨迹如图 1-10-5 所示,有 $\tan \theta = \frac{v_{\perp}}{v_1} = \frac{eUL}{mdv_1^2} = \frac{y'}{L'}$

又知 $y' = \frac{eUL^2}{2mdv_1^2}$,联立得 $L' = \frac{L}{2}$

由相似三角形得 $\frac{\frac{L}{2} + D}{\frac{L}{2}} = \frac{y}{y'}$

则 $y = \frac{(L+2D)LU}{4dU_1}$

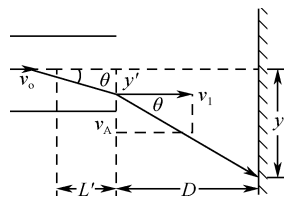


图 1-10-5

故峰值为 $y_m = \frac{(L+2D)LU_0}{4dU_1}$

波形长度为 $x_1 = vT$

波形为图 1-10-6

答案 (1) $v_1 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$ (2) $U_0 < \frac{2d^2 U_1}{L^2}$ (3) 如解析

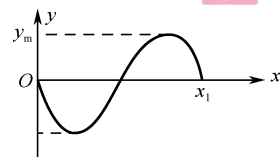


图 1-10-6

第二章 恒定电流

第一节 电源和电流

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
电源 恒定电场 电流	了解电源的作用 了解导线中的电场 理解电流的定义	I

二、知识解析

1. 电源

(1) 定义: 电源就是维持正负极之间存在一定电势差的装置。

(2) 作用:

从电荷移动的角度看: 在闭合电路中, 把电子从电源的正极搬运到电源的负极。

从能量转化的角度: 将其他形式的能转化为电能的装置。

2. 恒定电场

(1) 导线中电场的形成: 是由电源、导线等电器元件所积累的电荷共同形成的。

(2) 恒定电场: 稳定分布的电荷所产生的稳定的电场称为恒定电场。

(3) 恒定电场的特点: 任何位置的电荷分布和电场强度都不随时间发生变化。

3. 电流

(1) 定义: 电荷的定向移动形成电流。

注: 此处的电荷指自由电子、正电荷、负电荷。

电荷的无规则运动不成电流, 只有定向运动才能形成电流。

(2) 形成电流的条件: 导体两端存在电压; 存在可以自由移动的电荷。

(3) 电流的方向: 规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。

若电流是靠自由电子的定向移动形成, 则电流的方向与自由电子定向移动的方向相反。

(4) 电流的定义式: $I = \frac{Q}{t}$, 其中 Q 是通过导体截面的电荷量。

在国际单位制中电流的单位是安培。 $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

(5) 电流的微观本质: 如图 2-1-1 所示, AD 表示粗细均匀的一段导体 l , 两端加一定的电压, 导体中的自由电荷沿导体自由移动的速率为 v , 设导体的横截面积为 S , 导体每单位体积内的自由电荷数为 n , 每个自由电荷的电荷量为 q 。

AD 导体中的自由电荷数: $N = n l S$, 总电荷量: $Q = N q = n l S q$ 。所有这些电荷都通过横截面 D 所需要的时间: $t = \frac{l}{v}$, 导体 AD 中的电流: $I = \frac{Q}{t} = \frac{n l S q}{l/v} = n q S v$ 。

由此可见, 从微观上看, 电流决定于导体中单位体积内的自由电荷数、电荷量、定向移动速度, 还与导体横截面积有关。

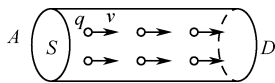


图 2-1-1

三、全能突破

基础演练

- 下列关于电源的说法正确的是()
 - 电源是将其他形式的能转化为电能的装置
 - 电源的作用是使电源的正负极保持一定的正负电荷,维持一定的电势差
 - 与电源相连的导线中的电场是由电源正负极上的电荷形成的
 - 在电源内部正电荷由负极流向正极,负电荷由正极流向负极
- 关于形成电流的条件,下列说法中正确的是()
 - 导体中有自由电荷的运动
 - 导体接在电路上
 - 导体两端存在电流
 - 导体两端有电压
- 导体中的电流决定于()
 - 通电时间的长度
 - 导体的粗细和长短
 - 导体中通过电量的多少
 - 1s内通过导体横截面电量的多少
- 下列有关“电”的说法正确的是()
 - 摩擦起电的实质是创造了电荷
 - 运动的电荷一定形成电流
 - 电路两端有电压就一定有电流
 - 电阻中有电流,它的两端一定有电压
- 某根导线中的电流为1.6A,则在0.5s内通过这根导线某一横截面的电量为()
 - 0.8C
 - 1.2C
 - 0.8C
 - 1.2C
- 关于电流的方向,下列说法中正确的是()
 - 金属导体中电流的方向是自由电子定向移动的方向
 - 在电解液中有可以自由移动的正离子和负离子,所以电流方向不能确定
 - 不论何种导体,电流的方向规定为正电荷定向移动的方向
 - 电流的方向有时与正电荷定向移动的方向相同,有时与负电荷定向移动的方向相同
- 关于电流的下列说法中,正确的是()
 - 电路中的电流越大,表示通过导体横截面的电量越多
 - 在相同时间内,通过导体截面的电量越多,导体中的电流就越大
 - 通电时间越长,电流越大
 - 导体中通过一定的电量所用时间越长,电流越大
- 关于电流,下列叙述正确的是()
 - 只要将导体置于电场中,导体中就有持续电流
 - 电源的作用可以使电路中有持续电流
 - 导体中没有电流时,就说明导体内部的电荷没有移动
 - 恒定电流是由恒定电场产生的
- 关于电流,下列说法中正确的是()

- 导体中电荷的运动形成了电流
 - 通过用电器的电流与其两端的电压成正比
 - 单位时间内通过导体横截面的电量越多,导体中的电流就越大
 - 因为电流有方向,所以电流是矢量
- 对于有恒定电流通过的导体,下列说法正确的是()
 - 导体内部的电场强度为零
 - 导体是个等势体
 - 导体两端有恒定的电压存在
 - 通过导体某个截面的电量在任意相等的时间内都相等

能力提升

- 关于电流,下列说法正确的是()
 - 从 $I = \frac{q}{t}$ 可知, q 与 t 成正比
 - 从 $I = \frac{U}{R}$ 可知,导体中的电流跟导体两端的电压成正比
 - 由 $I = nevS$ 可知,电子运动的速率越大,电流越大
 - 因为电流有方向,所以电流是矢量
- 在示波管中,电子枪在2s内发射了 6×10^{13} 个电子,则示波管中电流的大小为()
 - 4.8×10^{-6} A
 - 3×10^{-13} A
 - 9.6×10^{-6} A
 - 3×10^{-6} A
- 某电解池内若在2s内各有 1.0×10^{19} 个二价正离子和 2×10^{19} 个一价负离子通过某横截面,那么通过这个横截面的电流是()
 - 0
 - 0.8A
 - 1.6A
 - 3.2A
- 求证:电流与自由电子定向移动速率的关系式 $I = nevS$
- 有一横截面为 S 的铜导线,流经其中的电流为 I ,设每单位体积的导线中有 n 个自由电子,电子的电量为 e ,此时电子定向移动的速率为 v ,在 Δt 时间内,通过导体横截面的自由电子的数目为()
 - $nvS\Delta t$
 - $nv\Delta t$
 - $I \frac{\Delta t}{e}$
 - $I\Delta \frac{t}{eS}$
- 安培提出了著名的分子电流假说。根据这一假说,电子绕核运动可等效为一环形电流。设电量为 e 的电子以速率 v 绕原子核沿顺时针方向做半径为 r 的匀速圆周运动,关于该环形电流的说法,正确的是()
 - 电流为 $\frac{ve}{2\pi r}$, 电流方向为顺时针
 - 电流为 $\frac{ve}{r}$, 电流方向为顺时针

C. 电流为 $\frac{ve}{2\pi r}$, 电流方向为逆时针

D. 电流为 $\frac{ve}{r}$, 电流方向为逆时针

17. 来自质子源的质子(初速度为零), 经一加速电压为 800kV 的直线加速器加速, 形成电流为 1mA 的细柱质子流, 已知质子电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。这束质子流每秒打到靶上的质子数为_____。假定分布在质子源到靶子之间的加速电场是均匀的, 在质子束中, 与质子源相距 l 和 $4l$ 的两处, 各取一段极短的相等长度的质子流, 其中的质子数分别为 n_1 和 n_2 , 则 $n_1:n_2$ _____。
18. 有一条横截面积 $S = 1 \text{mm}^2$ 的铜导线, 通过的电流 $I = 1 \text{A}$ 。已知铜的密度 $\rho = 8.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, 铜的摩尔质量 $M = 6.4 \times 10^{-2} \text{kg/mol}$, 阿伏伽德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$, 电子的电量 $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。在这个问题中可以认为导线中每个铜原子贡献一个自由电子。求铜导线中自由电子定向移动的速率。

高考链接

19. (2006 天津) 在显像管的电子枪中, 从炽热的金属丝不断放出的电子进入电压为 U 的加速电场, 设其初速度为零, 经加速后形成横截面积为 S 、电流为 I 的电子束。已知电子的电量为 e 、质量为 m , 求在刚射出加速电场时, 一小段长为 ΔL 的电子束内电子个数是多少?

巅峰突破



20. 如图 2-1-2 所示的电解池接入电路后, 在 t 秒内有 n_1 个 1 价正离子和 n_2 个 1 价负离子通过液体内截面 S 。设 e 为元电荷, 下列说法中正确的是()

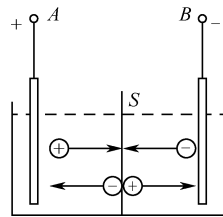


图 2-1-2

- A. 当 $n_1 = n_2$ 时电流为零
B. 当 $n_1 > n_2$ 时, 电流方向从 $A \rightarrow B$, 电流

$$I = \frac{(n_1 - n_2)e}{t}$$

- C. 当 $n_1 < n_2$ 时, 电流方向从 $B \rightarrow A$, 电流

$$I = \frac{(n_2 - n_1)e}{t}$$

- D. 电流方向从 $A \rightarrow B$, 电流 $I = \frac{(n_1 + n_2)e}{t}$

第二节 电 动 势

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
电动势	理解电动势的概念 了解电源内阻	I

二、知识解析

(1) 电源的概念: 电源是通过非静电力做功, 把其他形式能转化为电能的装置(能量角度)。在电源内部非静电力做功, 其他形式的能转化为电能; 在电源的外部电路, 电场力做功, 电能转化为其他形式的能。

(2) 定义: 非静电力搬运电荷所做的功跟搬运电荷电量的比值: $E = \frac{W}{q}$

(3) 单位: 伏(V)。

(4) 物理意义: 电动势表征了电源把其他形式的能转换为电能的本领的物理量。电动势在数值上等于电路中通过 1C 的电量时电源所提供的电能。

(5) 电动势的决定因素。

电源的电动势是由电源的本身性质决定的, 在数值上等于电源没有接入电路时电源两极间的电压。

(6) 电动势内阻: 电源内部也是由导体组成的, 所以也有电阻, 这个电阻叫做电源的内阻。

三、全能突破

基础演练

- 电源是把其他形式的能转化为_____的装置; 在电源的内部非静电力做功, 将其他形式的能转化为_____, 在电源的外部电路, 电场力做功, _____转化为其他形式的能。
- 关于电源, 下列说法中正确的是()
 - 电源内部存在着由负极指向正极的电场
 - 电源内部存在着由正极指向负极的电场
 - 在电源的内部正电荷靠非静电力由电源的负极向正极移动
 - 在电源的内部正电荷靠非静电力由电源的正极向负极移动
- 干电池的电动势为 1.5V, 其意义为()
 - 在电源内部把 1C 正电荷从负极搬到正极, 非静电力做功 1.5J
 - 在电源内部把 1C 正电荷从负极搬到正极, 静电力做功 1.5J
 - 干电池两极间电势差为 1.5V
 - 干电池在 1s 内将 1.5J 的化学能转化为电能
- 关于电动势的下列说法中正确的是()
 - 对于给定的电源, 移动正电荷非静电力做功越多, 电动势越大

- 电动势越大, 说明非静电力在电源内部从负极向正极移动的单位电荷量做功越多
 - 电动势、电压和电势差虽名称不同, 但物理意义相同, 所以单位也相同
 - 在电源内部把正电荷从负极移动到正极, 非静电力做功, 电能增加
- 关于电源电动势, 下列说法中正确的是()
 - 同一电源接入不同的电路中, 其电动势会发生改变
 - 电源电动势就是电源两极间的电压
 - 电源电动势与是否接外电路无关
 - 电源电动势与外电路电阻有关
 - 电源电动势的大小反映的是()
 - 电源把电能转化成其他形式的能的本领的大小
 - 电源把其他形式的能转化为电能的本领的大小
 - 电源单位时间内传送电荷量的多少
 - 电源中非静电力做功的快慢

能力提升

- 关于电源电动势 E 的下列说法中正确的是()
 - 电动势表示电源将单位正电荷从负极移到时正极时, 非静电力所做的功

- B. 由电动势 $E = \frac{W}{q}$ 可知, 电源内非静电力做功越多, 电动势越大
- C. 电动势 E 的单位与电势差的单位相同, 都是伏特, 所以电势差就是电动势
- D. 电源的电动势与外电路结构有关, 外电路变化, 通常电动势也要变化
8. 一个蓄电池的电动势是 2V, 则这个蓄电池内非静电力每移动 1C 的正电荷做功 _____ J, 其电势能 _____ (选填“增加”或“减小”), 这个过程是 _____ 能转化为 _____ 能的过程。
9. 某段电路两端电压为 8V, 20s 内通过这段电路的电荷为 40C, 则这个过程中电流做了多少功?

12. 某同学从电子市场购买一款手机电池板如图 2-2-1 所示, 他根据电池板上的标识, 所做判断正确的是()



图 2-2-1

- A. 该电池的电动势为 4.2V
- B. 该电池的电动势为 3.7V
- C. 该电池一次可以提供的最大电能为 $8.4 \times 10^3 \text{ J}$
- D. 该电池一次可以提供的最大电能为 $2.664 \times 10^4 \text{ J}$
10. 有一个电源, 当移动 10C 的电荷时非静电力做功为 60J, 则这个电源的电动势是多大? 若用它给一个用电器供电, 供电电流为 1A, 供电时间为 10min, 则非静电力做功是多少?
11. 铅蓄电池的电动势为 2V, 一节干电池的电动势为 1.5V, 将铅蓄电池和干电池分别接入电路, 两个电路中的电流分别为 0.1A 和 0.2A。试求两个电路都工作 20s 时间, 电源所消耗的化学能分别为多少? 哪一个电源把化学能转化为电能的本领更大?

第三节 欧姆定律

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
欧姆定律	理解欧姆定律,并能用来解决有关电路的问题 知道欧姆定律的适用条件 了解导体的伏安特性曲线	II

二、知识解析

欧姆定律

(1) 内容: 导体中的电流跟它两端的电压成正比, 跟它的电阻成反比。公式为 $I = \frac{U}{R}$ 或写成 $U = IR$ 。

(2) 适用范围: 只适用于金属、电解液导体, 不适用于气体导电、半导体, 只适用于纯电阻电路, 不适用于非纯电阻电路。

(3) 伏安特性: 线性电学元件的伏安特性在 $I-U$ 图上是过原点的直线, 而非线性电学元件的 $I-U$ 图线不是直线。

① 电阻恒定不变的导体, 它的伏安特性曲线是直线, 如图 2-3-1 中 a 、 b 两直线所示, 直线的斜率等于电阻的倒数, 斜率大的电阻小。

② 电阻因外界条件变化而变化的导体, 它的伏安特性曲线是曲线, 如图 2-3-1 中 c 所示, 曲线 c 随电压的增大, 曲线上的任一点与原点的连线的斜率变大, 则对应的导体电阻减小。

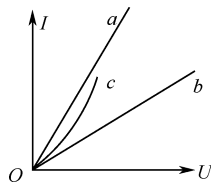


图 2-3-1

三、全能突破

基础演练

- $R = \frac{U}{I}$ 的物理意义是 ()
 - 导体的电阻与电压成正比, 与电流成反比
 - 导体的电阻越大, 则电流越大
 - 加在导体两端的电压越大, 则电流越大
 - 导体的电阻等于导体两端的电压与通过的电流的比值
- 对于 $I = \frac{U}{R}$ 的理解, 下列说法正确的是 ()
 - 通过电阻的电流跟它两端的电压成正比, 跟它的电阻成反比
 - 变形式 $U = IR$ 说明对一定的导体, 通过它的电流越大, 它两端的电压也越大
 - 变形式 $R = \frac{U}{I}$ 说明导体的电阻跟它两端的电压成正比, 跟通过它的电流成反比
 - 对一定的导体 (不考虑温度影响), 它两端的电压与通过它的电流的比值保持不变
- 如果电路中某两点间的电压为零, 则下列说法中正确的是 ()
 - 两点间的电阻一定为零

- 两点间电阻一定极大, 两点相当于断开
- 两点间电势一定相等
- 电路中电流一定为零

- 电路中有一段导体, 给它加 20mV 的电压时, 通过它的电流为 5mA, 可知这段导体的电阻为 _____ Ω , 如给它加 30mV 的电压时, 它的电阻为 _____ Ω ; 如不给它加电压时, 它的电阻为 _____ Ω 。(不考虑温度对电阻的影响)

- 欧姆定律不适用于 ()
 - 金属导电
 - 电解液导电
 - 稀薄气体导电
 - 三极管导电

- 如图 2-3-2 所示, 甲、乙分别是两个电阻的 $I-U$ 图线, 甲电阻阻值为 _____ Ω , 乙电阻阻值为 _____ Ω 。当它们两端所加的电压均为 10V 时, 甲电阻中的电流为 _____ A, 乙电阻中的电流为 _____ A。

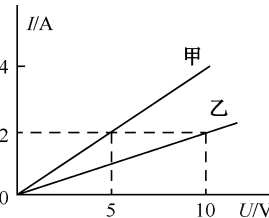


图 2-3-2

7. 实验室得到 R_1 、 R_2 两个电阻的伏安特性曲线如图 2-3-3 所示。由图可确定两个电阻大小之比 $R_1:R_2$ 为()

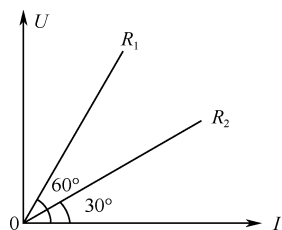


图 2-3-3

- A. $\sqrt{3}:1$ B. $1:\sqrt{3}$ C. $1:3$ D. $3:1$

8. 如图 2-3-4 所示的伏安特性曲线中,

- (1) 电阻之比 $R_1:R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$;
 (2) 若两个导体中电流相等(不为零)时, 电压之比 $U_1:U_2 = \underline{\hspace{2cm}}$;
 (3) 若两个导体的电压相等时, 电流之比为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

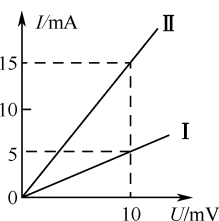


图 2-3-4

能力提升

9. 小灯泡通电后其电流 I 随所加电压 U 变化的图线如图 2-3-5 所示, P 为图线上一点, PN 为图线在 P 点的切线, PQ 为 U 轴的垂线, PM 为 I 轴的垂线, 则下列说法中正确的是()

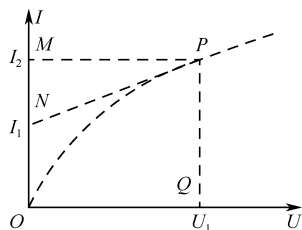


图 2-3-5

- A. 随着所加电压的增大, 小灯泡的电阻不变
 B. 对应 P 点, 小灯泡的电阻为 $R = \frac{U_1}{I_2}$
 C. 对应 P 点, 小灯泡的电阻为 $R = \frac{U_1}{I_2 - I_1}$
 D. 对应 P 点, 小灯泡的功率为图中矩形 $PQOM$ 所围面积大小
10. 电阻两端电压为 $6V$, 其电流方向如图 2-3-6 所示, 若 $16s$ 内通过的电量为 $32C$, 则电阻值为 $\underline{\hspace{2cm}} \Omega$; $16s$ 内有 $\underline{\hspace{2cm}}$ 个自由电子通过它的横截面, 电子在电阻中的移动方向是由 $\underline{\hspace{2cm}}$ 向 $\underline{\hspace{2cm}}$; 电阻两端的电势是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 端比 $\underline{\hspace{2cm}}$ 端高。

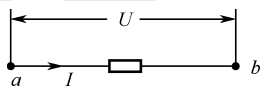


图 2-3-6

11. 如图 2-3-7 所示为某导体的伏安特性曲线, 下列说法正确的是()

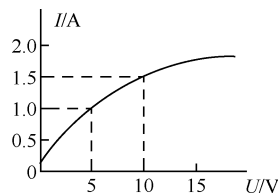
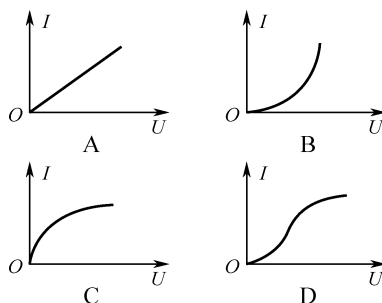


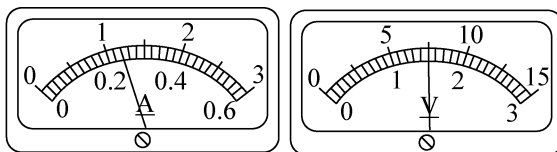
图 2-3-7

- A. 加 $5V$ 的电压时, 导体的电阻约为 5Ω
 B. 加 $10V$ 的电压时, 导体的电阻约为 0.15Ω
 C. 由图可知, 随电压的增大, 导体的电阻不断减小
 D. 由图可知, 随电压的增大, 导体的电阻不断增大
12. 给一个标有“ $220V\ 60W$ ”的白炽灯泡两端加上由零逐渐增大到 $220V$ 的电压, 下列给出的 4 个图线中, 能正确表示此过程中灯两端电压和电流关系的是()



13. 如图 2-3-8 所示, 在《绘制小灯泡的伏安特性曲线》的实验中,

- (1) 如图(1)中电流表量程为 $0.6A$, 则读数为 $\underline{\hspace{2cm}}$ A; 电压表量程为 $3V$, 则读数为 $\underline{\hspace{2cm}}$ V。
 (2) 小王同学根据实验测得的数据, 描绘出小灯泡的伏安特性曲线如图(2), 请你解释形成的原因: $\underline{\hspace{2cm}}$ 。



(1)

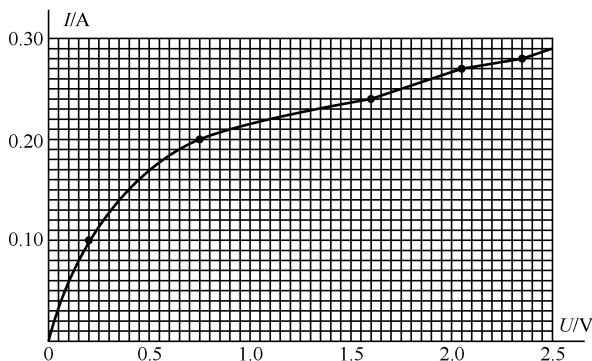


图 2-3-8

14. 加在某段导体两端的电压变为原来的 $1/3$ 时, 导体中的电流就减小 $0.6A$, 如果所加电压为原来的 2 倍, 则导体中电流将变为多少?

高考链接

15. (2015·北京模拟) 用电压表和电流表测量电阻时, 可以选用如图 2-3-9 甲或乙所示的两种电路, 其中 R_x 为待测电阻。电表内阻对测量结果的影响不能忽略, 下列说法中正确的是()

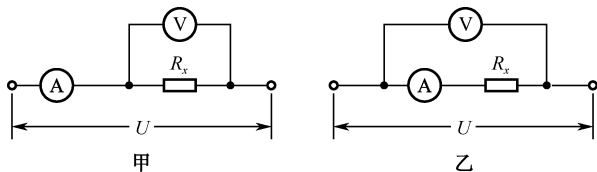


图 2-3-9

- A. 甲图中, 电流表的示数等于通过 R_x 的电流
 B. 乙图中, 电流表的示数等于通过 R_x 的电流
 C. 选用甲图测得 R_x 的阻值大于其真实阻值
 D. 选用乙图测得 R_x 的阻值等于其真实阻值
16. (2014·普陀区一模) 如图 2-3-10 所示, 图线 OA 和 OP 分别为某两种电学元件的伏安特性曲线。设 OA 上任意点对应的电阻为 R_A , OP 上某点 P 对应的电阻为 R_P , 则关于 R_A 和 R_P , 下列说法正确的是()

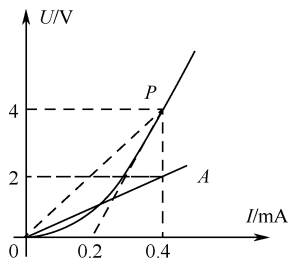


图 2-3-10

- A. $R_A = 5\text{k}\Omega$ $R_P = 20\text{k}\Omega$
 B. $R_A = 10\text{k}\Omega$ $R_P = 20\text{k}\Omega$
 C. $R_A = 5\text{k}\Omega$ $R_P = 10\text{k}\Omega$
 D. $R_A = 10\text{k}\Omega$ $R_P = 10\text{k}\Omega$

巅峰突破

17. 图 2-3-11 中 A 为理想电流表, V_1 和 V_2 为理想电压表, R_1 为定值电阻, R_2 为可变电阻, E 为电池的电动势, 电池内阻可忽略不计, 则 ()
- A. R_2 不变时, V_2 读数与 A 读数之比等于 R_1
 B. R_2 不变时, V_1 读数与 A 读数之比等于 R_1
 C. R_2 改变一定量时, V_2 读数的变化量与 A 读数的变化量之比等于 R_1
 D. R_2 改变一定量时, V_1 读数的变化量与 A 读数的变化量之比等于 R_1

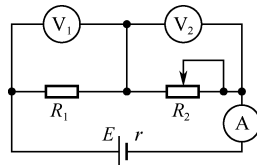


图 2-3-11

第四节 串联电路和并联电路

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
串联电路 并联电路	掌握串并联电路的电流关系和电压关系 会计算串并联电路的等效电阻 了解电流表(表头)的原理 知道什么是满偏电流和满偏电压 理解小量程电流表改装成常用电压表和电流表的原理,会求分压电阻和分流电阻的阻值	II

二、知识解析

1. 串联电路的特点

① 各处的电流相等: $I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$

② 分压原理: $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n}$

③ 电路的总电阻: $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

④ 电路两端的电压: $U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$

2. 并联电路的特点

① 各支路电压相等: $U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$

② 分流原理: $I_1 R_1 = I_2 R_2 = \cdots = I_n R_n$

③ 电路的总电阻: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

④ 电路中的总电流: $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$

三、全能突破

基础演练

- 下列说法正确的是()
 - 一只电阻和一根无电阻的理想导线并联,总电阻为零
 - 并联电路任一支路的电阻都大于电路的总电阻
 - 并联电路任一支路的电阻增大(其他支路不变),则总电阻也增大
 - 并联电路任一支路的电阻增大(其他支路不变),则总电阻一定减小
- 三个电阻,阻值分别为 2Ω 、 3Ω 、 6Ω ,允许任意组合,可得到的最大电阻为 _____ Ω ,可得到的最小电阻为 _____ Ω 。
- 三个阻值都为 12Ω 的电阻,将它们任意连接、组合后,其总电阻可能为()
 - 4Ω
 - 24Ω
 - 8Ω
 - 36Ω
- 将一只阻值为几千欧的电阻 R_1 和一只阻值为千分之几欧的电阻 R_2 串联起来,则电路的总电阻()
 - 很接近 R_1 而略大于 R_1
 - 很接近 R_1 而略小于 R_1
 - 很接近 R_2 而略大于 R_2
 - 很接近 R_2 而略小于 R_2
- 将一只阻值为几千欧的电阻 R_1 和一只阻值为千分之几欧的电阻 R_2 并联起来,则电路的总电阻()
 - 很接近 R_1 而略大于 R_1
 - 很接近 R_1 而略小于 R_1
 - 很接近 R_2 而略大于 R_2
 - 很接近 R_2 而略小于 R_2
- 如图 2-4-1 所示是两个电阻的 U - I 图线,则 a 、 b 所表示的电阻及电阻串联和并联后的 U - I 图线所在的区域分别是()

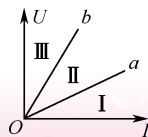


图 2-4-1

- A. a 表示电阻大的图线,两电阻并联后图线在区域Ⅲ
 B. a 表示电阻小的图线,两电阻串联后图线在区域Ⅲ
 C. a 表示电阻小的图线,两电阻并联后图线在区域Ⅰ
 D. a 表示电阻大的图线,两电阻串联后图线在区域Ⅱ
7. 已知两个电阻 R_1 和 R_2 串联后的总电阻是 100Ω , 并联后的总电阻是 24Ω , 则 $R_1 =$ _____, $R_2 =$ _____。
8. 把“1.5V 0.3A”的电珠接到 6V 的电源上, 为使其正常发光, 需要串联一只 _____ Ω 的电阻。

能力提升

9. 三个电阻的阻值之比为 $R_1:R_2:R_3 = 1:2:5$, 并联后接入电路, 则通过三个支路电流的比值为 ()
 A. 1:2:5 B. 5:2:1
 C. 10:5:2 D. 2:5:10
10. 如图 2-4-2 所示, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 120\Omega$, 当 A 与 B 两端接 100V 电源时, C 与 D 两端所接电压表的读数为 80V, 则电阻 $R =$ _____ Ω 。如果将 100V 的电源改接在 C 与 D 两端, 电压表接在 A 与 B 两端, 则电压表的读数为 _____ V。

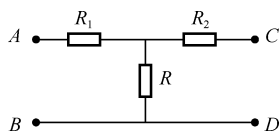


图 2-4-2

11. 如图 2-4-3 所示的电路, 当 ab 两端接入 100V 电压时, cd 两端为 20V; 当 cd 两端接入 100V 电压时, ab 两端电压为 50V, 则 $R_1:R_2:R_3$ 之比是 _____。

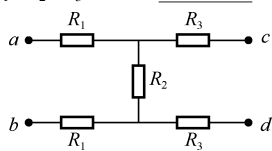


图 2-4-3

12. 由 5 个 1Ω 电阻连成的如图 2-4-4 所示的电路, 导线的电阻不计, 则 A 、 B 间的等效电阻为 _____ Ω 。

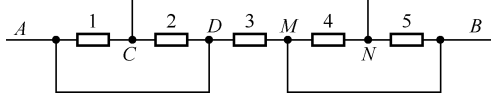


图 2-4-4

13. 如图 2-4-5 所示电路中, AB 间电压为 2V, 三只电阻阻值均为 1Ω , 电表电阻对电路的影响不计, 则电压表和电流表示数分别为 ()

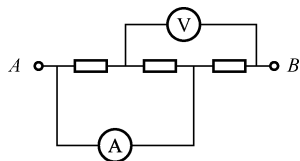


图 2-4-5

- A. 1V, 0A B. 0V, 2A C. 2V, 2A D. 1V, 2A
14. 如图 2-4-6 所示, AB 间的电压为 30V, 改变滑动变阻器

触头的位置, 可以改变 CD 间的电压, 则 U_{CD} 的变化范围是 ()

- A. 0 ~ 10V
 B. 0 ~ 20V
 C. 10 ~ 20V
 D. 20 ~ 30V

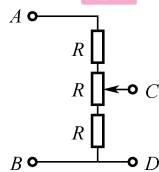


图 2-4-6

15. 如图 2-4-7 所示, 滑动变阻器 R_1 的最大值是 200Ω , $R_2 = 200\Omega$, A 、 B 两端的电压 $U = 8V$, 当开关 S 断开时, 移动滑动触片 P , R_2 两端可获得的电压范围 _____ V。当 S 闭合时, 移动滑动触片 P , R_2 两端可获得电压的范围是 _____ V。

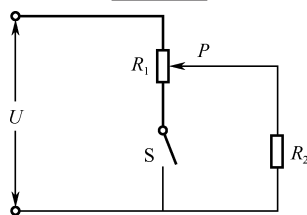
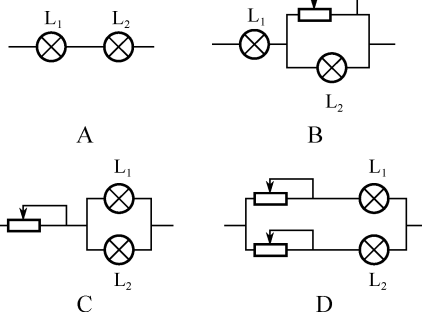


图 2-4-7

16. L_1 、 L_2 两灯分别标有“110V, 40W”和“110V, 100W”, 按不同方式接入 220V 电路, 能使两灯正常发光, 且符合节能的原则, 应选用的电路接法是 ()



17. 如图 2-4-8 所示, 每个电阻的阻值都是 2Ω , 安培表内阻不计, 在 B 、 C 间加 6V 电压时, 安培表的示数是 ()

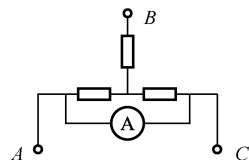


图 2-4-8

- A. 0 安 B. 1 安 C. 2 安 D. 0.5 安
18. 一个 T 型电路如图 2-4-9 所示, 电路中的电阻 $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, 另有一测试电源, 电动势为 10V, 内阻忽略不计, 则 ()

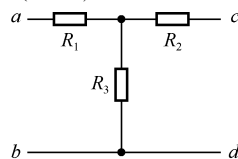


图 2-4-9

- A. 当 ab 端短路时, cd 之间的等效电阻是 4Ω
 B. 当 cd 端短路时, ab 之间的等效电阻是 4Ω

C. 当 ab 两端接通测试电源时, cd 两端的电压为 8V

D. 当 cd 两端接通测试电源时, ab 两端的电压为 8V

19. 如图 2-4-10 所示, L_1, L_2 是两个规格不同的灯泡, 当它们如图连接时, 恰好都能正常发光。设电路两端的电压保持不变, 现将变阻器的滑片 P 向右移动过程中下列判断正确的是()

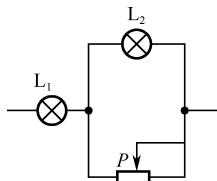


图 2-4-10

- A. 变阻器两端电压变大
B. 通过变阻器电流变小
C. L_1 变暗, L_2 变亮
D. L_1 变亮, L_2 变暗

20. 如图 2-4-11 所示, R_1 和 R_2 分别标有“ $2\Omega, 1.0\text{A}$ ”和“ $4\Omega, 0.5\text{A}$ ”, 将它们串联后接入电路中, 则此电路两端允许的最大电压为()



图 2-4-11

- A. 1V B. 2V C. 3V D. 4V

21. 如图 2-4-12 所示, a, b 两端电压恒定, 电阻 $R_1 = 6\text{k}\Omega$, 用内阻也是 $6\text{k}\Omega$ 的电压表测电阻 R_1 两端电压为 12V , 测 R_2 两端电压为 3V , 则不接电压表时, a, b 间总电压为()

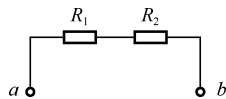


图 2-4-12

- A. 21V B. 18V C. 15V D. 14V

22. 两电阻串联接在电压恒定的电源上, 用两只精度都很高的不同的电压表分别去测量同一电阻两端的电压, 甲表测得示数为 10.1V , 乙表测得示数为 10.3V , 则可知()

- A. 乙表示数比甲表示数更接近该电阻两端原来的电压
B. 甲表内阻比乙表内阻大
C. 该电阻两端原来的电压必大于 10.3V
D. 该电阻两端原来的电压必在 10.1V 和 10.3V 之间

23. 如图 2-4-13 所示, 甲、乙两个电路都是由一个灵敏电流计 G 和一个变阻器 R 组成, 它们之中一个是测电压的电压表, 另一个是测电流的电流表。以下结论正确的是()

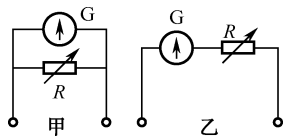


图 2-4-13

- A. 甲表是电压表, 乙表是电流表
B. R 增大时, 甲表量程增大
C. R 增大时, 乙表量程增大
D. 将甲和乙串联, 指针偏转角度一样, 读数不同

24. 一个毫伏表, 它的内阻是 100Ω , 量程是 200mV , 把它改装成量程为 10A 的安培表, 毫伏表上应()

A. 并联 0.002Ω 的电阻

B. 并联 0.02Ω 的电阻

C. 并联 50Ω 的电阻

D. 并联 4900Ω 的电阻

25. 在用电压表和电流表测电阻的实验中, 由于电表内阻对测量的影响, 使得测量的结果会出现误差。若采用如图 2-4-14 所示的电路进行测量, 则测量值 R_x 与实际值 R_0 比较()

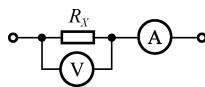


图 2-4-14

A. $R_x > R_0$

B. $R_x < R_0$

C. $R_x = R_0$

D. 因不知两表的内阻具体大小, 故无法比较 R_x 与 R_0 的大小关系

26. 有两个相同的灵敏电流计, 允许通过的最大电流 (满偏电流) 为 $I_g = 1\text{mA}$, 表头电阻 $R_g = 30\Omega$, 若改装成一个量程为 3V 的电压表, 则应给灵敏电流计()

- A. 串联一个 2990Ω 的电阻
B. 并联一个 2990Ω 的电阻
C. 串联一个 2970Ω 的电阻
D. 并联一个 2970Ω 的电阻

27. 将满偏电流 $I_g = 300\mu\text{A}$ 、内阻未知的电流表 \textcircled{C} 改装成电压表并进行核对。

(1) 利用如图 2-4-15(1) 所示的电路测量电流表 \textcircled{C} 的内阻 (图中电源的电动势 $E = 4\text{V}$): 先闭合 S_1 , 调节 R , 使电流表指针偏转到满刻度; 再闭合 S_2 , 保持 R 不变, 调节 R' , 使电流表指针偏转到满刻度的一半, 读出此时 R' 的阻值为 450Ω , 则电流表内阻的测量值 $R_g =$ Ω , 这个测量值比电流表内阻的真实值 \quad 填“偏大”或“偏小”。

(2) 将该表改装成量程为 3V 的电压表, 需 \quad (填“串联”或“并联”) 阻值为 $R_0 =$ Ω 的电阻。

(3) 把改装好的电压表与标准电压表进行核对, 试在图 (2) 画出实验电路图。

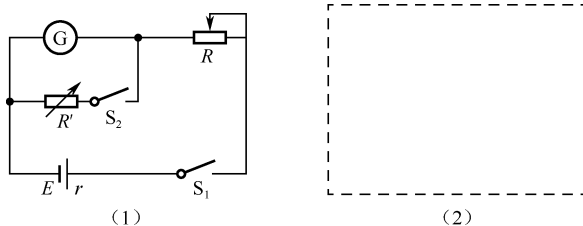


图 2-4-15

高考链接

28. (2013 海南) 某同学将量程为 $200\mu\text{A}$ 、内阻为 500Ω 的表头 μA 改装成量程为 1mA 和 10mA 的双量程电流表, 设计电路如图 2-4-16(a) 所示。定值电阻 $R_1 = 500\Omega$, R_2 和 R_3 的值待定, S 为单刀双掷开关, A 、 B 为接线柱。回答下列问题:

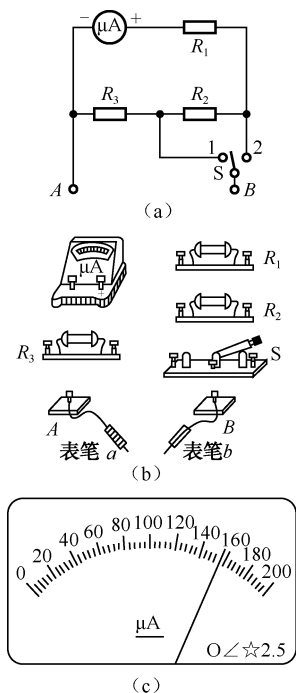


图 2-4-16

- (1) 按图(a)在图(b)中将实物连线。
 - (2) 表笔 a 的颜色为 _____ 色(填“红”或“黑”)。
 - (3) 将开关 S 置于“1”挡时, 量程为 _____ mA 。
 - (4) 定值电阻的阻值 $R_2 =$ _____ Ω , $R_3 =$ _____ Ω 。(结果取 3 位有效数字)
 - (5) 利用改装的电流表进行某次测量时, S 置于“2”挡, 表头指示如图(c)所示, 则所测量电流的值为 _____ mA 。
29. (2010 北京) (1) 甲同学要把一个量程为 $200\mu\text{A}$ 的直流电流计 G , 改装成量程范围是 $0 \sim 4\text{V}$ 的直流电压表。
- ① 她按图 2-4-17(1) 所示电路、用半偏法测定电流计 G 的内电阻 r_g , 其中电阻 R_0 约为 $1\text{k}\Omega$ 。为使 r_g 的测量值尽量准确, 在以下器材中, 电源 E 应选用 _____, 电阻器 R_1 应选用 _____, 电阻器 R_2 应选用 _____ (选填器材前的字母)。
 - A. 电源(电动势 1.5V)
 - B. 电源(电动势 6V)
 - C. 电阻箱($0 \sim 999.9\Omega$)
 - D. 滑动变阻器($0 \sim 500\Omega$)
 - E. 电位器(一种可变电阻, 与滑动变阻器相当)($0 \sim 5.1\text{k}\Omega$)
 - F. 电位器($0 \sim 51\text{k}\Omega$)
- ② 该同学在开关断开情况下, 检查电路连接无误后, 将

R_2 的阻值调至最大。后续的实验操作步骤依次是: _____,

_____, _____, _____, _____, 最后记录 R_1 的阻值并整理好器材。(请按合理的实验顺序, 选填下列步骤前的字母)

- A. 闭合 S_1
- B. 闭合 S_2
- C. 调节 R_2 的阻值, 使电流计指针偏转到满刻度
- D. 调节 R_2 的阻值, 使电流计指针偏转到满刻度的一半
- E. 调节 R_1 的阻值, 使电流计指针偏转到满刻度的一半
- F. 调节 R_1 的阻值, 使电流计指针偏转到满刻度

③ 如果所得的 R_1 的阻值为 300.0Ω , 则图(1)中被测电流计 G 的内阻 r_g 的测量值为 _____ Ω , 该测量值 _____ 实际值(选填“略大于”、“略小于”或“等于”)。

④ 给电流计 G _____ 联(选填“串”或“并”)一个阻值为 _____ $\text{k}\Omega$ 的电阻, 就可以将该电流计 G 改装为量程 4V 的电压表。

(2) 乙同学要将另一个电流计 G 改装成直流电压表, 但他仅借到一块标准电压表 V_0 、一个电池组 E 、一个滑动变阻器 R' 和几个待用的阻值准确的定值电阻。

① 该同学从上述具体条件出发, 先将待改装的表 G 直接和一个定值电阻 R 相连接, 组成一个电压表; 然后用标准电压表 V_0 校准。请你画完图(2)方框中的校准电路图。

② 实验中, 当定值电阻 R 选用 $17.0\text{k}\Omega$ 时, 调整滑动变阻器 R' 的阻值, 电压表 V_0 的示数是 4.0V 时, 表 G 的指针恰好指到满量程的五分之二; 当 R 选用 $7.0\text{k}\Omega$ 时, 调整 R' 的阻值, 电压表 V_0 的示数是 2.0V , 表 G 的指针又指到满量程的五分之二。由此可以判定, 表 G 的内阻 r_g 是 _____ $\text{k}\Omega$, 满偏电流 I_g 是 _____ mA 。若要将表 G 改装为量程是 15V 的电压表, 应配备一个 _____ $\text{k}\Omega$ 的电阻。

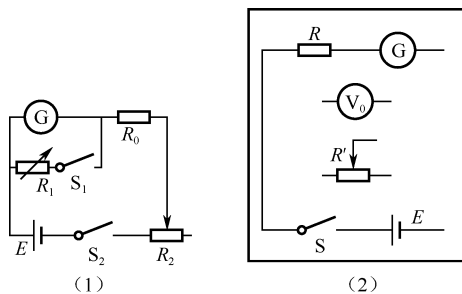
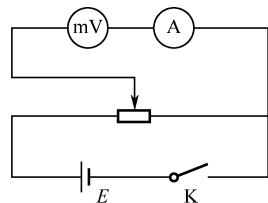


图 2-4-17

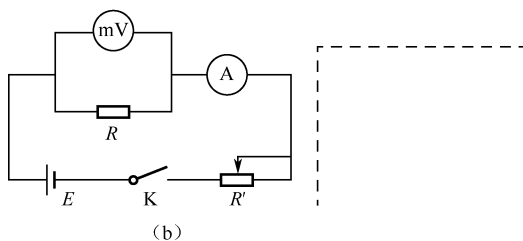
30. (2014 宿州模拟) 实验室内有一电压表 mV , 量程为 150mV , 内阻约为 150Ω 。现要将其改装成量程为 10mA 的电流表, 并进行校准。为此, 实验室提供如下器材: 干电池 E (电动势为 1.5V), 电阻箱 R , 滑线变阻器 R' , 电流表 A (有 1.5mA , 15mA 与 150mA 三个量程) 及开关 K 。
- (a) 对电表改装时必须知道电压表的内阻。可用如图 2-4-18 所示的电路测量电压表 mV 的内阻。在既不损坏仪器又能使精确度尽可能高的条件下, 电路中电流表 A 应选用的量程是 _____。若合上 K , 调节滑

线变阻器后测得电压表的读数为 150mV , 电流表 A 的读数为 1.05mA , 则电压表的内阻 R_{mV} 为 _____。(取三位有效数字)。

(b) 在对改装成的电流表进行校准时, 把电流表 A 作为标准电流表, 画出对改装成的电流表进行校准的电路原理图(滑线变阻器作限流使用), 图中各元件要用题中给出符号或字母标注。图中电阻箱的取值是 _____(取三位有效数字), 电流表 A 应选用的量程是 _____。



(a)



(b)

图 2-4-18

巅峰突破

31. 两个电压表甲、乙是由完全相同的电流表改装而成, 它们的量程分别为 5V 、 15V , 为了测量 $15 \sim 20\text{V}$ 的电压, 把甲、乙串联起来使用, 则两表的()
- A. 读数相同
B. 指针偏转角度相同
C. 读数正比于表的内阻
D. 指针偏转角度正比于表的内阻

32. 如图 2-4-19 所示, 有同一个半圆形金属片, 从不同方向测量其电阻, 在 (a), (b) 两种情况下, 测得 R_a 和 R_b 的比值是 _____。

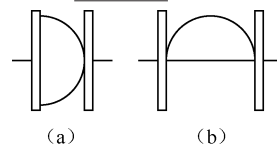


图 2-4-19

第五节 焦耳定律

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
电功 电热	理解电功和电功率的概念,并能计算电功和电功率 知道电功率和热功率的区别和联系	II

二、知识解析

1. 电功

导体中的自由电荷在电场力的作用下发生定向移动,电场力对电荷做的功叫做电功,如图 2-5-1 所示。

$$W = qU = UIt。$$

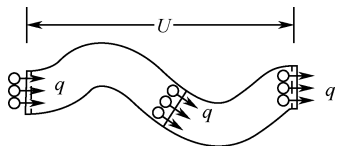


图 2-5-1

2. 电功率

$$P = \frac{W}{t} = UI, \text{描述电流做功快慢的物理量。}$$

3. 焦耳定律

- (1) 电流通过导体时,产生的热量 $Q = I^2 Rt$ 。
- (2) 这个关系最初是焦耳由实验直接得到的,我们把它叫做焦耳定律。
- (3) 此定律适用于一切用电器,但只能用来求电热。

4. 纯电阻电路和非纯电阻电路

- (1) 若电路中只含有电阻元件,且电流做功全部转化为电热,这种电路称为纯电阻电路。
- (2) 若电路中含有电动机、电解槽等类似的用电器,电流做功不仅转化为电热,还转化为其他形式的能,这种电路称为非纯电阻电路。
- (3) 纯电阻和非纯电阻电路的能量转化示意图,如图 2-5-2 所示。

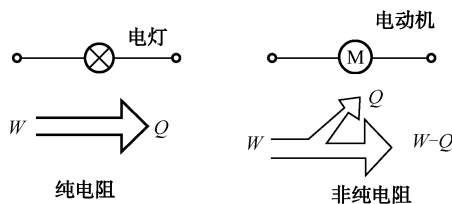


图 2-5-2

三、全能突破

基础演练

1. 通过电阻 R 的电流为 I 时,在时间 t 内产生的热量为 Q ,若电阻为 $2R$,电流为 $I/2$ 时,则在时间 t 内产生的热量为 ()
A. $4Q$ B. $2Q$ C. $Q/2$ D. $Q/4$
2. 下列求解电热的公式中,对所有电路均适用的是 ()
A. $Q = UIt$ B. $Q = I^2 Rt$

$$C. Q = \frac{U^2}{R} t$$

$$D. Q = W = Pt$$

3. 三个定值电阻, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$ 。把它们串联在电路中, 消耗的电功率之比为 _____; 把它们并联在电路中, 消耗的电功率之比为 _____。

4. 如图 2-5-3 所示的两个电阻 R_1 、 R_2 并联后接入电路中, R_1 消耗的电功率为 P_1 , R_2 消耗的电功率为 P_2 , 电路消耗的总功率为 $P_{\text{总}}$, 请你用电学知识推导出 $P_{\text{总}}$ 与 P_1 、 P_2 的关系式。

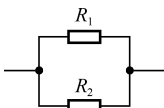


图 2-5-3

5. 不考虑温度对电阻的影响, 一个“220V 40W”的灯泡, 接在 110V 的线路上的功率为()

A. 10W B. 20W C. 30W D. 40W

6. 表 2-5-1 为某厨宝(厨房用电热水器)铭牌上的一部分内容。根据表中的信息, 可计算出该厨宝在额定电压下工作时的电流约为()

表 2-5-1

产品容量	6.6L	水温调节	30℃ ~ 65℃
额定电压	220V	额定功率	1500W

A. 3.3A B. 4.3A C. 6.8A D. 8.8A

7. 如图 2-5-4 所示为两电阻 R_1 和 R_2 的伏安特性曲线。若把这两个电阻并联在电路中, 正常工作时它们的电阻值及发热功率之比是()

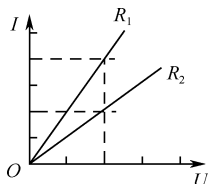


图 2-5-4

- A. $R_1 : R_2 = 1 : 4$, $P_1 : P_2 = 2 : 1$
 B. $R_1 : R_2 = 1 : 2$, $P_1 : P_2 = 4 : 1$
 C. $R_1 : R_2 = 1 : 2$, $P_1 : P_2 = 2 : 1$
 D. $R_1 : R_2 = 1 : 4$, $P_1 : P_2 = 4 : 1$

能力提升

8. 如图 2-5-5 所示, R_1 和 R_2 都是“50Ω 4W”的电阻, R_3 是“100Ω 1W”的电阻, A、B 两端允许输入最大电功率是()

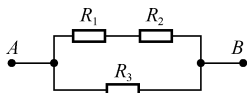


图 2-5-5

- A. 1.5W B. 2W C. $\frac{9}{8}$ W D. 6W

9. 某一热敏电阻的阻值随温度的升高而减小, 在一次实验中, 将该热敏电阻与一小灯泡并联, 通电后各自的电流 I 随所加电压 U 变化的图像如图 2-5-6 所示, 点 M 为两元件的伏安特性曲线的交点。下列说法正确的是()

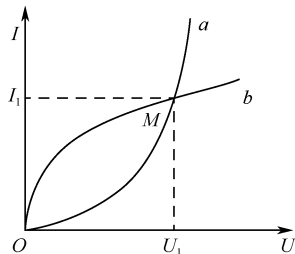


图 2-5-6

- A. a 是小灯泡的伏安特性曲线
 B. a 是热敏电阻的伏安特性曲线
 C. M 点表示小灯泡的功率与热敏电阻的功率相等
 D. M 点表示小灯泡的功率与热敏电阻的功率不相等
10. 如图 2-5-7 所示, 把两个相同的灯泡分别接在甲、乙电路中, 甲电路两端的电压为 8V, 乙电路两端的电压为 16V。调节变阻器 R_1 和 R_2 使两灯都正常发光, 此时变阻器消耗的功率分别为 P_1 和 P_2 , 两电路中消耗的总功率分别为 $P_{\text{甲}}$ 和 $P_{\text{乙}}$, 则下列关系中正确的是()

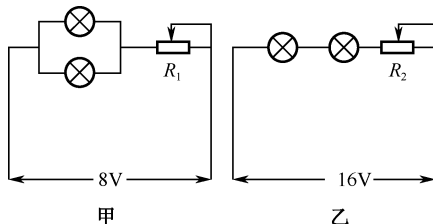


图 2-5-7

- A. $P_{\text{甲}} < P_{\text{乙}}$ B. $P_{\text{甲}} > P_{\text{乙}}$
 C. $P_1 > P_2$ D. $P_1 = P_2$
11. 如图 2-5-8 所示, 甲、乙两电路中电源完全相同, 内阻不能忽略, 电阻 $R_1 > R_2$ 。在两电路中通过相同的电量 q 的过程中, 下列关于两电路的比较, 正确的是()

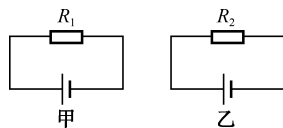


图 2-5-8

- A. R_1 上产生的热量比 R_2 上产生的热量多
 B. 电源内部产生热量较多的是甲电路
 C. 甲、乙两电路电源所做总功相等
 D. 甲、乙两电路电源输出功率可能相等
12. 利用电流的热效应可以清除高压输电线上的冰凌。若在正常供电时, 高压输电电压为 U , 输电线上的热功率为 ΔP ; 除冰时, 输电线上的热功率需提高为 $9\Delta P$, 设输电功率和输电线电阻不变。则除冰时输电电压应为()
- A. $9U$ B. $3U$ C. $\frac{U}{3}$ D. $\frac{U}{9}$
13. 在比较精密的电子设备中, 其电源跟负载之间的保护不是用普通的保险丝, 而是广泛用保险电阻。当电流超过正常值时, 这种保险电阻能够迅速熔断, 它的阻值从 0.1Ω 到 10Ω 不等, 关于它们的熔断时间跟阻值的关系, 你认为正确的是()

- A. 阻值越大,熔断时间越长
 B. 阻值越小,熔断时间越短
 C. 阻值越大,熔断时间越短
 D. 阻值大小与熔断时间无关
14. 如图 2-5-9 所示为学校自备发电机在停电时为教学楼教室输电的示意图,发电机输出电压恒为 220V,发电机到教学楼的输电线电阻用图中 r 等效替代。若使用中,在原来工作着的日光灯的基础上再增加教室开灯的盏数,则()

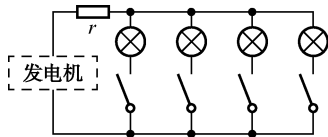


图 2-5-9

- A. 整个电路的电阻将增大,干路电流将减小
 B. 因为发电机输出电压恒定,所以原来工作着的日光灯的亮度将不变
 C. 发电机的输出功率将减小
 D. 输电过程中的损失功率(即输电线路消耗的功率)将增大
15. 某设备有 10 个标有“24V、200W”相同的强光灯 $L_1 \sim L_{10}$,另有 10 个标有“220V、2W”相同的指示灯 $X_1 \sim X_{10}$,将其连接在 220V 恒压交流电源上,电路连接如图 2-5-10 所示。若工作一段时间后, L_2 灯丝烧断,则()

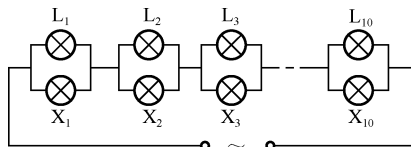


图 2-5-10

- A. X_2 随之烧坏,其他灯都熄灭
 B. X_2 功率减小,其他灯功率增大
 C. X_2 功率增大,其他强光灯功率减小
 D. X_2 功率接近 2W,其他指示灯都熄灭
16. 如图 2-5-11 所示,在输入电压 U 恒定的电路上,将灯泡 L 接在 $A、B$ 两端时消耗的功率是 9W,将它接在较远的 $C、D$ 两端时消耗的功率是 4W,则 $AC、BD$ 两根输电线上消耗的功率为()

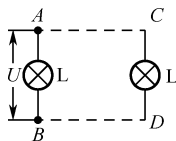


图 2-5-11

- A. 1W B. 2W C. 5W D. 13W
17. 两个小灯泡的标识分别是 L_1 “6V 6W”, L_2 “6V 9W”,把它们分别接在同一直流电源上(电源内阻不可忽略), L_1 消耗的功率恰好为 6W,则 L_2 消耗的功率为()
- A. 一定小于 9W B. 一定等于 9W

- C. 一定大于 9W D. 条件不足,不能确定

18. 电饭锅工作时有两种状态:一种是锅内水烧干前的加热状态,另一种锅内水烧干后的保温状态。如图 2-5-12 所示是电饭锅原理示意图, S 是用感温材料制造的开关。下列说法中正确的是()

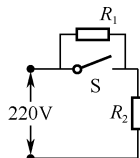


图 2-5-12

- A. 其中 R_2 是供加热用的电阻丝
 B. 当开关 S 接通时电饭锅为加热状态, S 断开时为保温状态
 C. 要使 R_2 在保温状态时的功率为加热状态时的一半, $R_1:R_2$ 应为 2:1
 D. 要使 R_2 在保温状态时的功率为加热状态时的一半, $R_1:R_2$ 应为 $(\sqrt{2}-1):1$
19. 一个直流电动机所加电压为 U ,电流为 I ,线圈内阻为 R ,当它工作时,下述说法中正确的是()
- A. 电动机的输出功率为 $IU - I^2R$
 B. 电动机的输出功率为 $\frac{U^2}{R}$
 C. 电动机的发热功率为 I^2R
 D. 电动机的功率可写做 $IU = I^2R = \frac{U^2}{R}$

20. 在如图 2-5-13 所示的电路中,输入电压 U 恒为 8V。灯泡 L 标有“3V、6W”字样,电动机线圈的电阻为 1Ω 。若灯泡恰能正常发光,电动机正常工作,下列说法正确的是()

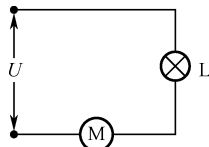


图 2-5-13

- A. 流过电动机的电流为 5A
 B. 电动机的输出功率为 6W
 C. 电动机的发热功率是 25W
 D. 整个电路消耗的电功率是 10W
21. 如图 2-5-14 所示是一提升重物用的直流电动机工作时的电路图。电动机的内阻为 0.6Ω , $R = 10\Omega$,直流电压 $U = 160V$,电压表示数为 110V,则通过电动机的电流强度为 _____
 A. 输入电动机的电功率为 _____
 W,电动机工作 1h 所产生的热量为 _____ J。

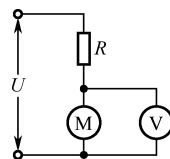


图 2-5-14

22. 如图 2-5-15 所示电路中,电源的输出电压恒为 U ,电动机 M 线圈电阻与电炉 L 的电阻相同,电动机正常工作,在相同的时间内,下列判断正确的是()

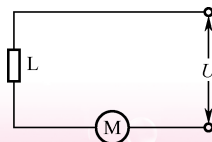


图 2-5-15

- A. 电炉放出的热量与电动机放出的热量相等
 B. 电炉两端电压等于电动机两端电压
 C. 电炉两端电压小于电动机两端电压
 D. 电炉消耗的功率等于电动机消耗的功率
23. 用直流电动机提升重物, 已知重物的重量为 500N , 电源电动势为 110V , 不计电源内阻及各处摩擦, 当电动机以 0.90m/s 的恒定速度向上提升重物时, 电路中的电流为 5.0A , 可以判断()
 A. 电动机消耗的总功率为 450W
 B. 提升重物消耗的功率为 550W
 C. 电动机线圈的电阻为 22Ω
 D. 电动机线圈的电阻为 4Ω
24. 在研究微型电动机的性能时, 应用如图 2-5-16 所示的实验电路。调节滑动变阻器 R 并控制电动机停止转动时, 电流表和理想电压表的示数分别为 0.50A 和 2.0V ; 重新调节 R 并使电动机恢复正常运转时, 此时电流表和电压表的示数分别为 2.0A 和 24.0V , 则这台电动机正常运转时输出功率为()

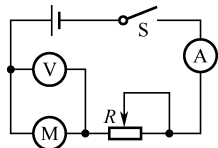


图 2-5-16

- A. 32W B. 44W C. 47W D. 48W
25. 一辆电动观光车蓄电池的电动势为 E , 内阻不计, 当空载的电动观光车以大小为 v 的速度匀速行驶时, 流过电动机的电流为 I , 电动车的质量为 m , 电动车受到的阻力是车重的 k 倍, 忽略电动观光车内部的摩擦, 则()
 A. 电动机的内阻为 $R = \frac{E}{I}$
 B. 电动机的内阻为 $R = \frac{E}{I} - \frac{kmgv}{I^2}$
 C. 如果电动机突然被卡住而停止转动, 则电源消耗的功率将变小
 D. 如果电动机突然被卡住而停止转动, 则电源消耗的功率将变大

高考链接

26. (2012 浙江) 功率为 10W 的发光二极管(LED 灯) 的亮度与功率为 60W 的白炽灯相当。根据国家节能战略, 2016 年前普通白炽灯应被淘汰。假设每户家庭有 2 只 60W 的白炽灯, 均用 10W 的 LED 灯替代, 估算出全国一年节省的电能最接近()
 A. $8 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ B. $8 \times 10^{10} \text{kW} \cdot \text{h}$
 C. $8 \times 10^{11} \text{kW} \cdot \text{h}$ D. $8 \times 10^{13} \text{kW} \cdot \text{h}$

巅峰突破

27. 如图 2-5-17(a) 所示为灯泡 L 的 $U-I$ 特性曲线, R_1 、 R_2 为定值电阻。如果把这三个用电器并联后接在恒压电源的两端, 三个用电器消耗的电功率均为 P 。现将它们连接为如图(b) 所示的电路, 再接在该电源的两端, 设灯泡 L 和电阻 R_1 、 R_2 消耗的电功率分别是 P_L 、 P_1 、 P_2 , 下列判断正确的是()

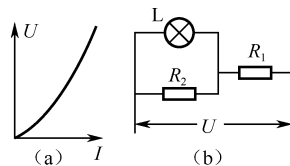


图 2-5-17

- A. $P_1 > P_L + P_2$ B. $P_1 > 4P_2$
 C. $P < 9P_2$ D. $P_1 > 2P_L$
28. 如果加在某定值电阻两端的电压从 U_1 升高到 U_2 , 通过该电阻的电流从 I_1 变为 I_2 , 则该电阻的电功率变化了()
 A. $\Delta P = (U_2 - U_1)(I_2 - I_1)$
 B. $\Delta P = U_2(I_2 - I_1)$
 C. $\Delta P = (U_2 - U_1)(I_2 + I_1)$
 D. $\Delta P = I_1(U_2 + U_1)$

第六节 导体的电阻

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
电阻定律	理解电阻定律,能利用电阻定律进行有关的分析和计算 了解电阻率与温度的关系	II

二、知识解析

1. 电阻定律

$$\text{公式: } R = \rho \frac{l}{S}$$

(电阻是导体本身的属性,跟导体两端的电压和通过的电流无关。)

2. 电阻率

① 计算公式: $\rho = \frac{RS}{l}$, 与物体的长度 l 、横截面积 S 无关, 由物体的材料决定, 与温度有关。

② 物理意义: 反映了材料对电流的阻碍作用, 在数值上等于用这种材料制成长 1m 、截面积为 1m^2 的导线的电阻值。

③ 与温度的关系: 有些材料(如金属)的电阻率随温度的升高而增大, 有些材料(如绝缘体、半导体)的电阻率随温度升高而减小, 也有些材料(如锰钢、康铜)的电阻率几乎不受温度的影响。当温度降低到热力学温度 0K 附近时, 某种材料的电阻率突然减小到零, 这种现象是超导现象, 处于这种状态的导体叫超导体。

三、全能突破

基础演练

- 一段粗细均匀的电阻丝, 长度为 L , 电阻为 1Ω , 如果把它均匀拉长为 $2L$, 则电阻变为()
A. 2Ω B. 4Ω C. 8Ω D. 16Ω
- 一根粗细均匀的镍铬丝的横截面的直径为 d , 电阻是 R , 把它拉制成直径是 $\frac{d}{10}$ 的均匀细丝后, 它的电阻变成()
A. $\frac{1}{1000}R$ B. $10000R$ C. $\frac{1}{100}R$ D. $100R$
- 一根粗细均匀, 电阻为 R 的直导线, 当保持温度不变的情况下, 将导线对折使用, 其电阻将变为()
A. $\frac{R}{4}$ B. $\frac{R}{2}$ C. $2R$ D. $4R$
- 如图 2-6-1 所示, R_1 和 R_2 是材料相同、厚度相同、表面均为正方形的导体, 但 R_1 的边长是 R_2 边长的 10 倍。通过两导体的电流方向如图所示, 则这两个导体的电阻之比 $R_1:R_2$ 是()

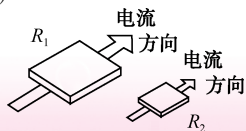


图 2-6-1

- A. 1:1 B. 1:10 C. 10:1 D. 1:100

- 根据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可以导出电阻率的表达式 $\rho = \frac{RS}{L}$, 对温度一定的某种金属导线来说, 它的电阻率()
A. 跟导线的电阻成正比
B. 跟导线的横截面积 S 成正比
C. 跟导线的长度 L 成反比
D. 只由其材料的性质决定
- 为了测定用某种物质制成的线形材料的电学特性, 取了一段由该物质制成的线形材料, 测量其两端的电压和通过的电流, 根据实验数据描绘出的伏安特性曲线如图 2-6-2 所示。这种物质可能是()

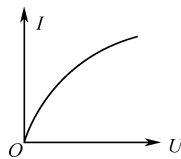


图 2-6-2

- A. 某种纯金属 B. 某种半导体
C. 某种超导体 D. 某种绝缘材料
- 白炽灯的灯丝烧断了, 重新搭接上后再接入原来的电源

上,关于灯的亮度的描述,以下说法正确的是()

- A. 灯比原来亮 B. 灯比原来暗
C. 灯和原来一样亮 D. 条件不足,不能确定

8. 关于电阻率的正确说法是()

- A. 电阻率与导体的长度 L 和横截面积 S 有关
B. 电阻率表征了导体材料的导电能力的强弱,由导体的材料决定,且与温度有关
C. 电阻率大的导体,电阻一定很大
D. 有些合金的电阻率几乎不受温度变化的影响,可用来制成电阻温度计

9. 下列说法中正确的是()

- A. 半导体的电阻不是随温度的升高而减小,而是随温度的升高而增大
B. 高温超导体是指温度很高时,达到几千 K 时,导体的电阻变为零的超导体
C. 半导体可用来制作体积很小的热敏电阻、光敏电阻、二极管和三极管
D. 超导体没有什么应用前景

能力提升

10. 如图 2-6-3 所示,厚薄均匀的矩形金属薄片边长 $ab = 10\text{cm}$, $bc = 5\text{cm}$,当将 A 与 B 接入电压为 U 的电路中时,电流为 1A ,若将 C 与 D 接入电压为 U 的电路中,则电流为()

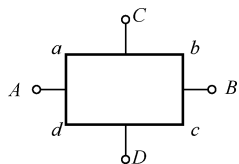


图 2-6-3

- A. 4A B. 2A C. $\frac{1}{2}\text{A}$ D. $\frac{1}{4}\text{A}$

11. 有两根不同材料的金属丝,长度相同,甲的横截面的圆半径以及电阻率都是乙的 2 倍,则以下说法正确的有()

- A. 甲、乙的电阻之比是 $8:1$
B. 甲、乙的电阻之比是 $2:1$
C. 将甲乙并联在电路中,甲乙消耗的电功率之比是 $2:1$
D. 将甲乙串联在电路中,甲乙消耗的电功率之比是 $1:2$

12. 某用电器与供电电源距离为 L ,线路上的电流为 I ,若要求线路上的电压降不超过 U ,已知输电导线的电阻率为 ρ ,那么该输电导线的横截面积的最小值是()

- A. $\frac{\rho L}{U}$ B. $\frac{2\rho L}{U}$ C. $\frac{U}{\rho L}$ D. $\frac{2UL}{\rho}$

13. 如图 2-6-4 所示, P 是一个表面镶有很薄电热膜的长陶瓷管,其长度为 L ,直径为 D ,镀膜厚度为 d ,管两端有导电金属箍 M 、 N ,再把它接入电路中,测得它两端电压为 U ,通过它的电流为 I ,则金属膜的电阻为 _____,镀膜材料电阻率的计算式为 ρ

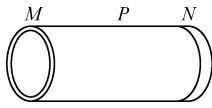


图 2-6-4

= _____。

14. 在“测定金属丝的电阻率”实验中,以下操作中错误的是()

- A. 用米尺测量金属丝的全长三次,算出其平均值
B. 用螺旋测微器在金属丝三个不同部位各测量一次直径,算出其平均值
C. 用伏安法测电阻时采用电流表外接电路,多次测量后算出平均值
D. 实验中保持金属丝的温度不变

15. 在测定金属丝电阻率的实验中,所测金属丝的电阻约 3Ω ,为了减小温度对电阻率的影响,要求金属丝的发热功率 $P < 0.75\text{W}$,现要精确地测出该金属丝的电阻,除开关、导线外,还需要选择下述()器材?

- A. 6V 电池组
B. 电流表 A_1 ($0 \sim 0.6\text{A}$, 0.5Ω)
C. 电流表 A_2 ($0 \sim 3\text{A}$, 0.01Ω)
D. 电压表 V_1 ($0 \sim 3\text{V}$, $1\text{k}\Omega$)
E. 电压表 V_2 ($0 \sim 15\text{V}$, $5\text{k}\Omega$)
F. 滑动变阻器 R_1 ($0 \sim 100\Omega$, 1A)
G. 滑动变阻器 R_2 ($0 \sim 20\Omega$, 0.1A)

16. 小明利用实验室提供的器材测量某种材料电阻丝的电阻率,所用电阻丝的电阻约为 20Ω 。他首先把电阻丝拉直后将其两端固定在刻度尺两端的接线柱 a 和 b 上,在电阻丝上夹上一个与接线柱 c 相连的小金属夹,沿电阻丝移动金属夹,可改变其与电阻丝接触点 P 的位置,从而改变接入电路中电阻丝的长度。可供选择的器材还有:

电池组 E (电动势为 3.0V ,内阻约 1Ω); 电流表 A_1 (量程 $0 \sim 100\text{mA}$,内阻约 5Ω); 电流表 A_2 (量程 $0 \sim 0.6\text{A}$,内阻约 0.2Ω); 电阻箱 R ($0 \sim 999.9\Omega$); 开关、导线若干。

小明的实验操作步骤如下:

- A. 用螺旋测微器在电阻丝上三个不同的位置分别测量电阻丝的直径;
B. 正确连接电路,设定电阻箱的阻值较大,合上开关;
C. 将金属夹夹在电阻丝上某位置,调整电阻箱接入电路中的电阻值,使电流表满偏,记录电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L ;
D. 改变金属夹与电阻丝接触点的位置,调整电阻箱接入电路中的阻值,使电流表再次满偏。重复多次,记录每一次电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L 。
E. 断开开关。

① 小明某次用螺旋测微器测量电阻丝直径时其示数如图 2-6-5 甲所示,则这次测量中该电阻丝直径的测量值 d _____ mm 。

② 根据以上实验步骤,在图乙中画出实验电路的连线,其中电流表应选择 _____ (填仪器的代号)。

③ 小明用记录的多组电阻箱的电阻值 R 和对应的接入电路中电阻丝长度 L 的数据,绘出了如图丙所示的 $R-L$

关系图线,图线在 R 轴的截距 R_0 最接近的数值为_____。

A. 5Ω B. 10Ω C. 20Ω D. 25Ω

④ R - L 关系图线在 R 轴的截距为 R_0 , 在 L 轴的截距为 L_0 , 再结合测出的电阻丝直径 d , 可求出这种材料电阻丝的电阻率 $\rho =$ _____。(用给定的物理量符号和已知常数表示)

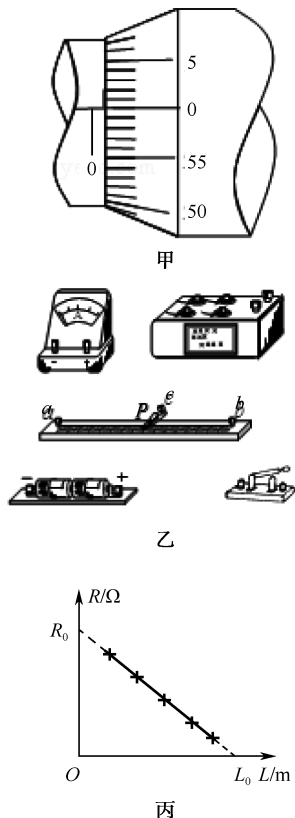


图 2-6-5

17. 有一根细长且均匀的空心金属管线,长约 30cm,电阻约为 5Ω ,已知这种金属的电阻率为 ρ ,现在要尽可能精确测定它的内径 d 。

① 用螺旋测微器测量金属管线外径 D 时,刻度的位置如图 2-6-6(a) 所示,从图中读出外径为 _____ mm,应用 _____ (选填“厘米刻度尺”或“毫米刻度尺”)测金属管线的长度 L 。

② 测量金属管线的电阻 R ,为此取来两节新的干电池、电键和若干导线及下列器材:

- A. 电压表 $0 \sim 3V$,内阻约 $10k\Omega$
- B. 电压表 $0 \sim 15V$,内阻约 $50k\Omega$
- C. 电流表 $0 \sim 0.6A$,内阻约 0.05Ω
- D. 电流表 $0 \sim 3A$,内阻约 0.01Ω
- E. 滑动变阻器, $0 \sim 10\Omega$
- F. 滑动变阻器, $0 \sim 100\Omega$

要求较准确地测出其阻值,电压表应选 _____,电流表应选 _____,滑动变阻器应选 _____。(填序号)

③ 实验中他的实物接线如图 2-6-6(b) 所示,请指出接线中的两处明显错误。

错误 1: _____。

错误 2: _____。

④ 用已知的物理常数和应直接测量的物理量(均用符号表示),推导出计算金属管线内径的表达式 $d =$ _____。

⑤ 在实验中,下列说法正确的是 _____。

- A. 为使电流表读数明显,应使电流尽可能大些
- B. 为操作方便,中间过程可保持开关 S 一直处于闭合状态
- C. 千分尺的精确度是千分之一毫米
- D. 用千分尺测量直径时必须估读一位

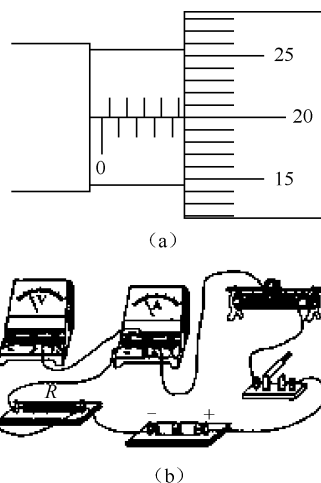


图 2-6-6

18. 在做“测定金属丝的电阻率”的实验中,若待测电阻丝的电阻约为 5Ω ,要求测量结果尽量准确,提供以下器材供选择:

- A. 电池组 ($3V$,内阻约 1Ω)
- B. 电流表 ($0 \sim 3A$,内阻 0.0125Ω)
- C. 电流表 ($0 \sim 0.6A$,内阻约 0.125Ω)
- D. 电压表 ($0 \sim 3V$,内阻 $4k\Omega$)
- E. 电压表 ($0 \sim 15V$,内阻 $15k\Omega$)
- F. 滑动变阻器 ($0 \sim 20\Omega$,允许最大电流 $1A$)
- G. 滑动变阻器 ($0 \sim 2000\Omega$,允许最大电流 $0.3A$)
- H. 开关、导线若干

(1) 实验时应从上述器材中选用 _____ (填写仪器前字母代号)。

(2) 测电阻时,电流表、电压表、待测电阻 R_x 在组成测量电路时,应采用安培表 _____ 接法,测量值比真实值偏 _____ (选填“大”或“小”)。

(3) 若用螺旋测微器测得金属丝的直径 d 的读数如图 2-6-7 所示,则读数为 _____ mm。

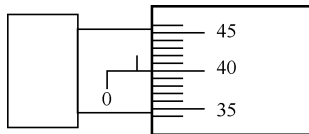


图 2-6-7

(4) 若用 L 表示金属丝的长度, d 表示直径,测得电阻为

R , 请写出计算金属丝电阻率的表达式 $\rho =$ _____

19. 利用超导材料零电阻的性质, 可实现无损耗输电, 现有一直流电路, 输电导线总电阻为 0.4Ω , 它提供给用电器的电功率是 40kW , 电压是 800V , 如果用超导电缆替代原来的输电线, 保持供给用电器的功率和电压不变, 那么节约的电功率为()
- A. 1kW B. $1.6 \times 10^3\text{kW}$
C. 1.6kW D. 10kW

高考链接

20. 某个由导电介质制成的电阻截面如图 2-6-8 所示。导电介质的电阻率为 ρ , 制成内、外半径分别为 a 和 b 的半球壳层形状(图中阴影部分), 半径为 a 、电阻不计的球形电极被嵌入导电介质的球心成为一个引出电极, 在导电介质的外层球壳上镀上一层电阻不计的金属膜成为另外一个电极, 设该电阻的阻值为 R 。下面给出 R 的四个表达式中只有一个是合理的, 你可能不会求解 R , 但是你可以通过一定的物理分析, 对下列表达式的合理性做出判断。根据你的判断, R 的合理表达式应为()

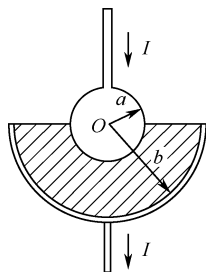


图 2-6-8

- A. $R = \frac{\rho(b+a)}{2\pi ab}$ B. $R = \frac{\rho(b-a)}{2\pi ab}$
C. $R = \frac{\rho ab}{2\pi(b-a)}$ D. $R = \frac{\rho ab}{2\pi(b+a)}$

巅峰突破

21. 一根粗细均匀的导线, 两端加上电压 U 时, 通过导线的电流为 I , 导线中自由电子定向移动的平均速率为 v 。若将导线均匀拉长, 使它的横截面的半径变为原来的 $\frac{1}{2}$, 再给它两端加上电压 U , 则()
- A. 通过导线的电流为 $\frac{I}{4}$
B. 通过导线的电流为 $\frac{I}{16}$
C. 导线中自由电子定向移动的速率为 $\frac{v}{4}$
D. 导线中自由电子定向移动的速率为 $\frac{v}{2}$

第七节 闭合电路欧姆定律

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
闭合电路的欧姆定律	能推导出闭合电路欧姆定律 知道电源的电动势等于内、外电路上电势降落之和 理解路端电压与负载的关系,会用公式和图线表达这种关系,并能用来分析具体问题 熟练应用闭合电路欧姆定律解决有关的电路问题 理解闭合电路的功率表达式,知道闭合电路中能量的转化	II

二、知识解析

1. 闭合电路的欧姆定律

由能量守恒定律可知,在闭合电路中,非静电力做的功 $W_{\text{非}}$ 应该等于内外电路中电能转化为其他形式的能的总和,即 $W_{\text{非}} = UIt + I^2 rt$ 。其中 U 为路端电压, r 为电源内阻, I 为干路电流。

因为 $W_{\text{非}} = Eq = EIt$, 所以有 $E = U + Ir$ 。

若电路为纯电阻电路, 则有 $I = \frac{E}{R+r}$, 其中 R 为外电路电阻。

闭合电路的电流 I , 跟电源的电动势 E 成正比, 跟内外电路的电阻之和成反比, 这就是闭合电路的欧姆定律。

2. 电源的外特性曲线: $U-I$ 图像

由 $E = U + Ir$, 可以得到 $U = E - Ir$ 。

电源的电动势 E 和内阻 r 都是定值, 所以路端电压 U 与电流 I 的关系如图 2-7-1 所示。

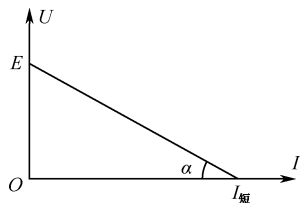


图 2-7-1

三、全能突破

基础演练

1. 下列关于闭合电路的说法中, 正确的是()

- A. 电源短路时, 电源的内电压等于电动势
- B. 电源短路时, 路端电压为零
- C. 电源短路时, 路端电压最大
- D. 外电路总电阻增大时, 路端电压也增大

2. 关于闭合电路, 下列说法中正确的是()

- A. 闭合电路中, 电流总是从电势高的地方流向电势低的地方

B. 闭合电路中, 电流越大, 电源的路端电压就越小

C. 闭合电路中, 电流越大, 电源的路端电压就越大

D. 闭合电路中, 外电阻越大, 电源的路端电压就越大

3. 电源电动势为 E , 内阻为 r , 向可变电阻 R 供电。关于路端电压, 下列说法中正确的是()

- A. 路端电压是一个恒量, 它不会随外电路电阻变化
- B. 因为 $U = IR$, 所以当 R 增大时, 路端电压也增大
- C. 因为 $U = IR$, 所以当 I 增大时, 路端电压也增大
- D. 因为 $U = E - Ir$, 所以当 I 增大时, 路端电压下降

4. 在如图 2-7-2 所示的电路中,电源的电动势 $E = 3\text{V}$,内阻 $r = 0.4\Omega$,外电路电阻 R 两端的电压为 2.4V 。闭合开关 S 后,电路中的电流 I 等于()

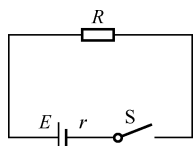


图 2-7-2

- A. 1.5A B. 7.5A C. 0.15A D. 6A
5. 如图 2-7-3 所示为两个不同闭合电路中两个不同电源的 $I-U$ 图像,则下列说法正确()

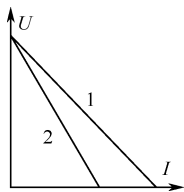


图 2-7-3

- A. 电动势 $E_1 = E_2$,发生短路时的电流 $I_1 < I_2$
 B. 电动势 $E_1 = E_2$,内阻 $r_1 > r_2$
 C. 电动势 $E_1 = E_2$,内阻 $r_1 < r_2$
 D. 两电源的工作电流变化相同时,电源 1 的路端电压变化较大
6. 测定电源的电动势和内电阻的实验 $U-I$ 图像如图 2-7-4 所示;由此可知这个干电池的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}\text{V}$,内电阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}\Omega$ 。

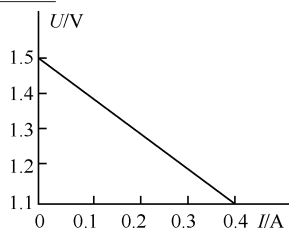


图 2-7-4

7. 如图 2-7-5 所示, a 、 b 分别表示某一电池组和某一电阻的伏安特性,则:
- ① 电阻 b 的阻值为 0.33Ω
 - ② 该电池组的内阻是 1Ω
 - ③ 将该电阻接在该电池组两端时,电池组的路端电压为 1V
 - ④ 将该电阻接在该电池组两端时,电池组的内电压为 1V
- 以上结论正确的有()

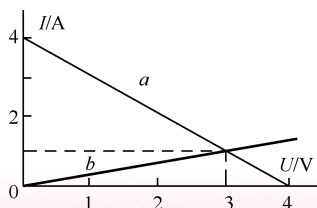


图 2-7-5

- A. ①②③ B. ①②④ C. ②④ D. ②③

8. 如图 2-7-6 所示,电源电动势为 E ,内阻为 r ,当滑动变阻器的滑片 P 处于左端时,三盏灯 L_1 、 L_2 、 L_3 均发光良好。在滑片 P 从左端逐渐向右端滑动的过程中,下列说法中正确的是()

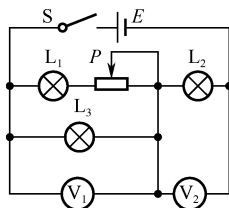


图 2-7-6

- A. 小灯泡 L_1 、 L_2 变暗
 B. 小灯泡 L_3 变暗, L_1 、 L_2 变亮
 C. 电压表 V_1 、 V_2 示数均变大
 D. 电压表 V_1 、 V_2 示数之和变大
9. 如图 2-7-7 所示,电源的电动势为 6V ,内阻为 1Ω , R_1 为 2Ω , R_2 全阻值为 3Ω ,下列说法错误的是()

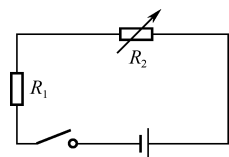


图 2-7-7

- A. 当 R_2 为 1Ω 时, R_1 消耗的功率最大
 B. 通过改变 R_2 的阻值,路端电压的最大值为 5V ,最小值为 4V
 C. R_2 的阻值越小, R_1 消耗的功率越大
 D. 当 R_2 的阻值为 3Ω 时, R_1 消耗的功率最大
10. 如图 2-7-8 所示的电路中,电源电动势 $E = 3\text{V}$,内电阻 $r = 1\Omega$,定值电阻 $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$,电容器的电容 $C = 100\mu\text{F}$,则下列说法正确的是()

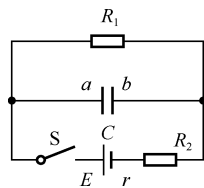


图 2-7-8

- A. 闭合开关 S ,电路稳定后电容器两端的电压为 1.5V
 B. 闭合开关 S ,电路稳定后电容器极板所带电荷量为 $3.0 \times 10^{-4}\text{C}$
 C. 闭合开关 S ,电路稳定后电容器极板所带电荷量为 $1.5 \times 10^{-4}\text{C}$
 D. 先闭合开关 S ,电路稳定后断开开关 S ,通过电阻 R_1 的电荷量为 $3.0 \times 10^{-4}\text{C}$
11. 如图 2-7-9 所示的电路中,串联了三只小灯泡。当电路中某一部分发生断路时,用电压表测得 $U_{ad} = U_{cd} = 6\text{V}$, $U_{ad} = U_{bc} = 0$,则断路的部分可能出现在()
- A. ab 段 B. bc 段 C. cd 段 D. 无法确定

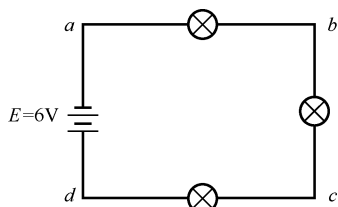


图 2-7-9

能力提升

12. 如图 2-7-10 所示, 直线 A 为电源路端电压与总电流关系的伏安图线, 直线 B 为电阻 R 两端电压与通过该电阻电流关系的伏安图线, 用该电源和该电阻组成闭合电路, 电源的输出功率和效率分别是()

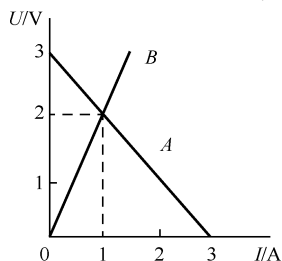


图 2-7-10

- A. 2W 66.7% B. 2W 33.3%
C. 4W 33.3% D. 4W 66.7%
13. 如图 2-7-11 所示是某直流电路中电压随电流变化的图像, 其中 a、b 分别表示路端电压、负载电阻上电压随电流变化的情况, 下列说法正确的是()

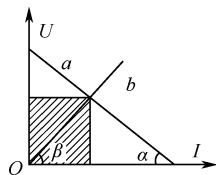


图 2-7-11

- A. 阴影部分的面积表示电源输出功率
B. 阴影部分的面积表示电源的内阻上消耗的功率
C. 当满足 $\alpha = \beta$ 时, 电源效率最高
D. 当满足 $\alpha = \beta$ 时, 电源输出功率最大
14. 如图 2-7-12 所示, 电源电动势为 E, 内电阻为 r, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 均为可变电阻, 要使电容器 C_1 、 C_2 所带电荷量都减小, 则可行的方法是()

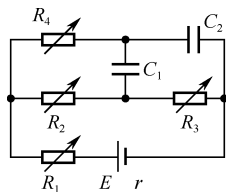


图 2-7-12

- A. 只减小 R_1
B. 只减小 R_2
C. 只减小 R_3
D. 只减小 R_4

15. 如图 2-7-13 所示的电路中, O 点接地, 当原来断开的开关 K 闭合时, 电路中 A、B 两点的电势变化情况是()

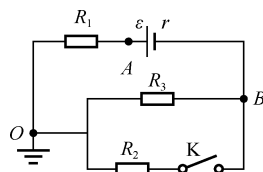


图 2-7-13

- A. 都降低 B. 都升高
C. U_A 升高, U_B 降低 D. U_A 降低, U_B 升高
16. 如图 2-7-14 所示电路中, 电流表 A 和电压表 V 均可视为理想电表。现闭合开关 S 后, 将滑动变阻器滑片 P 向左移动, 下列说法正确的是()

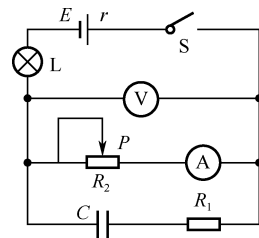


图 2-7-14

- A. 电流表 A 的示数变小, 电压表 V 的示数变大
B. 小灯泡 L 变亮
C. 电容器 C 上电荷量减少
D. 电源的总功率变大
17. 如图 2-7-15 所示电路中, 各电表均为理想电表。当滑动变阻器 R_2 的滑动触头 P 移动时, V_1 与 V_2 的示数均发生变化()

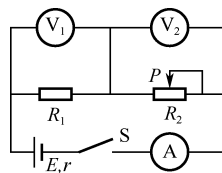


图 2-7-15

- A. P 向左移, V_1 示数增大、 V_2 的示数减少
B. P 向右移, V_1 示数增大、 V_2 的示数减少
C. P 向左移, V_1 示数的改变量的绝对值小于 V_2 示数的改变量的绝对值
D. P 向右移, V_1 示数的改变量的绝对值小于 V_2 示数的改变量的绝对值
18. 在如图 2-7-16 所示的电路中, 当滑动变阻器 R 的滑片 P 从 B 向 A 滑动的过程中, 电压表 V_1 、 V_2 示数的变化量的值分别为 ΔU_1 、 ΔU_2 , 则它们的大小相比较应该是()
- A. $\Delta U_1 < \Delta U_2$
B. $\Delta U_1 > \Delta U_2$
C. $\Delta U_1 = \Delta U_2$
D. 因为无具体数据, 故无法比较

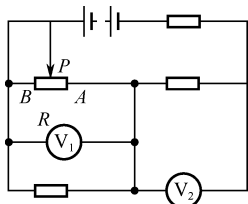


图 2-7-16

19. 在如图 2-7-17 所示的电路中, 已知电容 $C = 2\mu\text{F}$, 电源电动势 $E = 12\text{V}$, 内电阻不计, $R_1 : R_2 : R_3 : R_4 = 1 : 2 : 6 : 3$, 则电容器极板 a 上所带的电量为 ()

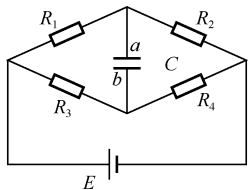


图 2-7-17

- A. $-8 \times 10^{-6}\text{C}$ B. $4 \times 10^{-6}\text{C}$
C. $-4 \times 10^{-6}\text{C}$ D. $8 \times 10^{-6}\text{C}$
20. 如图 2-7-18 所示, $E = 10\text{V}$, $C_1 = C_2 = 30\mu\text{F}$, $R_1 = 4.0\Omega$, $R_2 = 6.0\Omega$, 电池内阻可忽略。若先闭合开关 S, 待电路稳定后, 再将 S 断开, 则断开 S 后流过电阻 R_1 的电荷量为 _____ C。

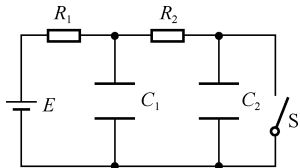


图 2-7-18

21. 如图 2-7-19 所示, 平行金属板中带电质点 P 原处于静止状态, 不考虑电流表和电压表对电路的影响, 当滑动变阻器 R_4 的滑片向 b 端移动时, 则 ()

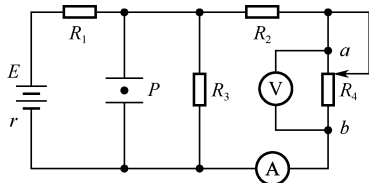


图 2-7-19

- A. 电压表读数减小
B. 电流表读数减小
C. 质点 P 将向上运动
D. R_3 上消耗的功率逐渐减小
22. 空调、电冰箱等家用电器中有一个很重要的温控元件, 它就是热敏电阻。对应一个热敏电阻值, 一定有一个和它电阻所处环境对应的温度。如图 2-7-20 甲所示, 电源的电动势 $E = 12.0\text{V}$, 内电阻 $r = 1\text{k}\Omega$, G 为灵敏电流计, 内阻 R_g 保持不变; R 为热敏电阻, 其电阻值与温度的变化关系如图乙所示, 闭合开关 S, 当 R 的温度等于 20°C 时, 电流表示数 $I_1 = 2\text{mA}$; 当电流表的示数 $I_2 = 3.0\text{mA}$ 时, 热敏电阻的温度是 ()

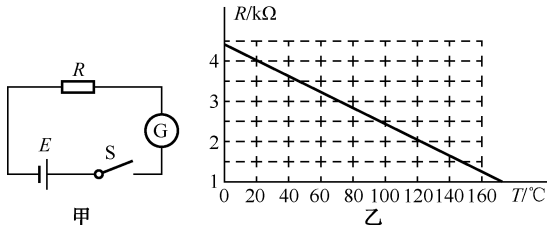


图 2-7-20

- A. 60°C B. 80°C C. 100°C D. 120°C
23. 电源的效率 η 定义为外电路电阻消耗的功率与电源的总功率之比。如图 2-7-21 所示, 直线 A 为电源 a 的路端电压与电流的关系图像, 直线 B 为电源 b 的路端电压与电流的关系图像, 直线 C 为一个电阻 R 两端的电压与电流关系的图像。将这个电阻 R 分别接到 a 、 b 两电源上, 那么 ()

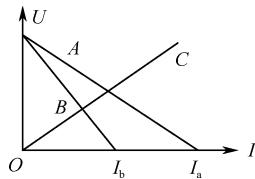


图 2-7-21

- A. R 接到 a 电源上, 电源的效率较低
B. R 接到 b 电源上, 电源的输出功率较大
C. R 接到 a 电源上, 电源的输出功率较大, 电源效率较高
D. R 接到 b 电源上, 电源的输出功率较大, 电源效率较高
24. 如图 2-7-22 所示电路中, 电源的电动势为 E , 内阻为 r , 各电阻阻值如图所示, 当滑动变阻器的滑动触头 P 从 a 端滑到 b 端的过程中, 下列说法正确的是 ()

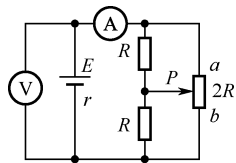


图 2-7-22

- A. 电压表的读数 U 先增大, 后减小
B. 电流表的读数 I 先增大, 后减小
C. 电压表读数 U 与电流表读数 I 的比值 $\frac{U}{I}$ 不变
D. 电压表读数的变化量 ΔU 与电流表读数的变化量 ΔI 的比值 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 不变
25. 2011 年春节期间, 按照公安部统一部署, 全国各大中城市进行了大规模集中整治酒驾行动。据统计, 酒驾违法者比往年同期下降了 40%, 人们的安全驾车意识明显增强。执法交警所使用的酒精测试仪主要元件是一种氧化物半导体传感器, 这种具有 N 型导电性的氧化物的电阻会随其周围待测气体浓度的变化而变化。设这种传感器的电阻与酒精气体的浓度 c 成反比, 在如图 2-7-23 所示的简化原理图中, 电压表示数 U 与酒精气体

浓度 c 之间的对应关系正确的是()

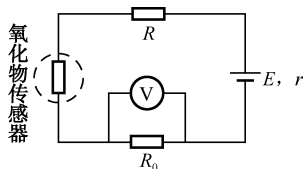


图 2-7-23

- A. U 越大,表示 c 越小,但 c 与 U 不成反比
 B. U 越大,表示 c 越小, c 与 U 成反比
 C. U 越大,表示 c 越大,但 c 与 U 不成正比
 D. U 越大,表示 c 越大, c 与 U 成正比
26. 直流电源的电动势为 E ,内电阻为 r ,用它给线圈电阻为 R 的直流电动机供电,当电动机正常工作时,其两端的电压为 U ,通过的电流是 I 。关于电动机和电源的功率,下列说法中正确的是()
- A. 电动机输出的机械功率是 UI
 B. 电动机电枢上发热功率为 $I^2 R$
 C. 电源释放的功率为 EI
 D. 电源的输出功率为 $EI - I^2 r$
27. 如图 2-7-24 所示,电阻 $R_1 = 8\Omega$,电动机绕组电阻 $R_0 = 2\Omega$,当开关 S 断开时,电阻 R_1 消耗的电功率是 2.88W ;当开关 S 闭合时,电阻 R_1 消耗的电功率是 2W 。若电源的电动势为 6V ,求开关 S 闭合时,电动机输出的机械功率。

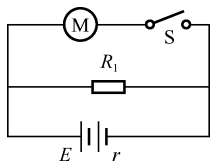


图 2-7-24

28. 某玩具赛车充电电池的输出功率 P 随电流 I 变化的图像如图 2-7-25 所示。
- (1) 求该电池的电动势 E 和内阻 r ;
 (2) 求该电池的输出功率最大时对应的外电阻 R (纯电阻);
 (3) 由图像可以看出,同一输出功率 P 可对应两个不同的电流 I_1, I_2 ,即对应两个不同的外电阻 (纯电阻) R_1, R_2 ,试确定 r, R_1, R_2 三者间的关系。

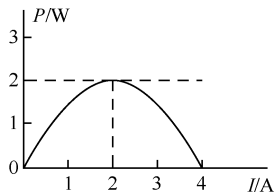


图 2-7-25

高考链接

29. (2007 重庆) 汽车电动机启动时车灯会瞬时变暗。如图 2-7-26 所示,在打开车灯的情况下,电动机未启动时电流表读数为 10A ,电动机启动时电流表读数为 58A ,若电源电动势为 12.5V ,内阻为 0.05Ω ,电流表内阻不计,则因电动机启动,车灯的电功率降低了()

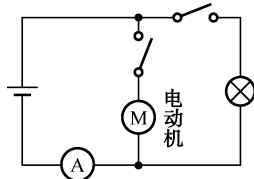


图 2-7-26

- A. 35.8W B. 43.2W C. 48.2W D. 76.8W
30. (2011 北京) 如图 2-7-27 所示电路,电源内阻不可忽略。开关 S 闭合后,在变阻器 R_0 的滑动端向下滑动的过程中()

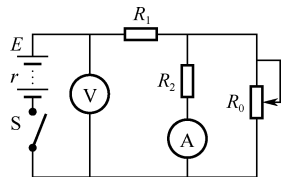


图 2-7-27

- A. 电压表与电流表的示数都减小
 B. 电压表与电流表的示数都增大
 C. 电压表的示数增大,电流表的示数减小
 D. 电压表的示数减小,电流表的示数增大
31. (2014 上海) 如图 2-7-28 所示,电路中定值电阻阻值 R 大于电源内阻阻值 r 。将滑动变阻器滑片向下滑动,理想电压表 V_1, V_2, V_3 示数变化量的绝对值分别为 $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3$,理想电流表示数变化量的绝对值为 ΔI ,则()

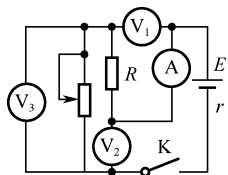


图 2-7-28

- A. A 的示数增大
 B. V_2 的示数增大
 C. ΔV_3 与 ΔI 的比值大于 r
 D. ΔV_1 大于 ΔV_2
32. (2013 海淀一模) 角速度计可测量飞机、航天器、潜艇的转动角速度,其结构如图 2-7-29 所示。当系统绕轴 OO' 转动时,元件 A 发生位移并输出相应的电压信号,成为飞机、卫星等的制导系统的信息源。已知 A 的质量为 m ,弹簧的劲度系数为 k 、自然长度为 l ,电源的电动势为 E ,内阻不计。滑动变阻器总长也为 l ,电阻分布均匀,系统静止时 P 在 B 点,当系统以角速度 ω 转动时,则()

- A. 电路中电流随角速度的增大而增大
 B. 电路中电流随角速度的减小而减小
 C. 弹簧的伸长量为 $x = \frac{m\omega L}{k - m\omega^2}$
 D. 输出电压 U 与 ω 的函数式为 $U = \frac{Em\omega^2}{k - m\omega^2}$

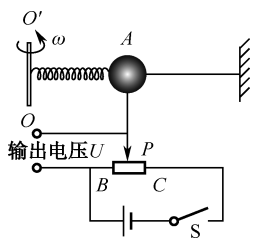


图 2-7-29

巅峰突破

33. 如图 2-7-30(1) 所示, 电路中电源电动势为 3.0V, 内阻不计, L_1 、 L_2 、 L_3 为三个相同规格的小灯泡, 小灯泡的伏安特性曲线如图(2)所示。当开关闭合后, 下列说法中正确的是()

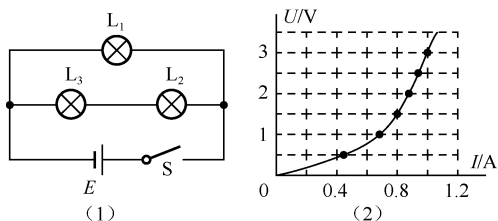


图 2-7-30

- A. L_1 的电流为 L_2 电流的 2 倍
 B. L_3 的电阻约为 0.33Ω
 C. L_3 的电功率约为 1.20W
 D. L_2 和 L_3 的总电功率约为 3W



34. 如图 2-7-31 所示的电路中, 闭合开关, 灯 L_1 、 L_2 正常发光。由于电路出现故障, 突然发现灯 L_1 变亮, 灯 L_2 变暗, 电流表的读数变小, 根据分析, 发生的故障可能是()

- A. R_1 断路 B. R_2 断路
 C. R_3 短路 D. R_4 短路

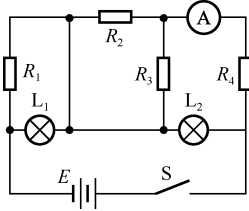


图 2-7-31

第八节 多用电表原理及实验:练习使用多用电表

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
多用电表	初步理解欧姆表的工作原理 会用多用电表测电压、电流和电阻	II

二、知识解析

1. 欧姆表原理

如图 2-8-1 所示,欧姆表内部由电流表头、电源、调零电阻串联组成,外部在 +、- 插孔内分别插有红、黑表笔。当红、黑表笔短接时,调节调零电阻 R_1 ,使电流表指针指向满偏电流 I_g ,根据欧姆定律, $I_g = \frac{E}{R_g + r + R_1}$ 。

每次欧姆调零后, R_1 的值不再改变,欧姆表的总内阻为 $r_0 = R_g + r + R_1$ 。若在红、黑表笔间接一只阻值为 R_x 的待测电阻,则通过电流表头的电流为 $I = \frac{E}{r_0 + R_x}$ 。

如图 2-8-2 所示,从 $I-R_x$ 图像可以看出: R_x 越大, I 越小,这个变化是非线性的。

当待测电阻阻值 R_x 等于欧姆表内阻 r_0 时,通过电流表头的电流为 $I_g/2$,因此欧姆表中央刻度所标的数值与当时所选倍率的乘积就是对应挡位欧姆表的总内阻值。

从原理图看出:用欧姆表测电阻时,由于电源在表内,电流从负插孔流出,通过黑表笔流入待测电阻,再从红表笔流出待测电阻,流入正插孔,进入欧姆表。

2. 多用电表的使用(如图 2-8-3 所示)

(1)使用前应查看指针是否指在刻度盘左端零刻线处。如不在,应进行机械调零。方法是用小螺丝刀轻旋表头正下方中央处的调零螺丝,使指针指在左端零刻线。

(2)根据被测物理量及其数量级将选择开关旋到相应的位置。读数时还要注意选用刻度盘上对应的量程刻度。(如测量 20mA 左右的直流电流,应将选择开关对准左边 100mA 量程处;在刻度盘上,应该看最下一行刻度,即满偏刻度为 10 的刻度线,从刻度盘读出数据后还应再乘 10,得测量结果。)

(3)使用欧姆挡时,操作步骤:①选倍率。选用比被测电阻的估计值低一个数量级的倍率。如估计值为 200Ω 就应该选 $\times 10$ 的倍率;②欧姆调零。将红、黑表笔短接,调节欧姆表调零旋钮,使指针指左端零刻线处;③将红黑表笔接被测电阻两端进行测量;④将指针示数乘以倍率,得测量值。⑤将选择开关扳到 OFF 或交流电压最高挡。

用欧姆挡测电阻,应尽量使指针停在表盘中央附近。如果指针偏转角度太小(即指针所指的刻度值太大),应该增大倍率重新调零后再测;如果指针偏转角度太大(即指针所指的刻度值太小),应该减小倍率重新调零后再测。

(4)使用多用电表时,两只手只能握住表笔的绝缘棒部分,不能接触表笔上的金属部分(首先是为了安全;其次两手之间的人体电阻将与被测电路并联,使测量出现较大误差)。

(5)不论使用多用电表的哪个挡,电流总是从多用电表的正接线柱(红表笔)进入电表,而从负接线柱(黑表笔)流出电表。

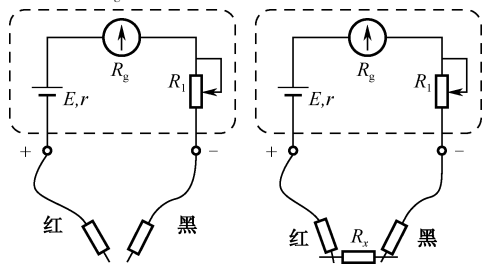


图 2-8-1

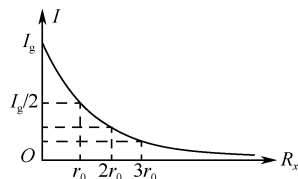


图 2-8-2

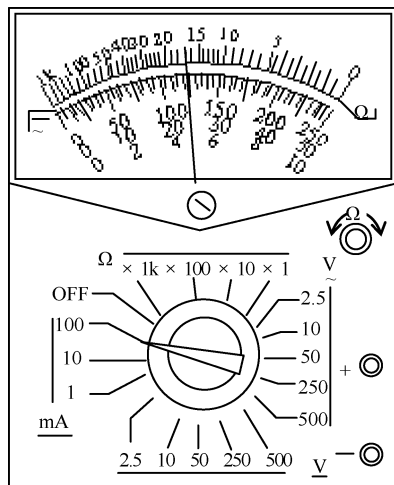


图 2-8-3

三、全能突破

基础演练

- 用多用电表欧姆挡测电阻时,下列说法错误的是()
 - 测量前必须进行欧姆调零,且每一次换挡后都要重新调零
 - 测量大电阻时,为了使测量精确,应用两手将表笔和待测电阻两端捏紧
 - 测量电路中的电阻时,要将待测电阻与其他元件断开
 - 多用电表使用完毕,应将选择开关旋到“OFF”或交流电压最高挡
- 下列关于欧姆表的说法中正确的是()
 - 欧姆表的每一挡测量范围都是0到 ∞
 - 红表笔与表内电池正极相连,黑表笔与表内电池负极相连
 - “ ∞ ”刻度一般在刻度盘的右端
 - 用欧姆表测电阻时,指针越靠近右边误差越小
- 用多用电表测直流电压 U 和测电阻 R 时,若红表笔插入多用电表的正(+)插孔,黑表笔插入多用电表的负(-)插孔,则()
 - 测电压时电流从红表笔流入多用电表,测电阻时电流从红表笔流出多用电表
 - 测电压时电流从红表笔流入多用电表,测电阻时电流从红表笔流入多用电表
 - 测电压时电流从红表笔流出多用电表,测电阻时电流从黑表笔流出多用电表
 - 测电压时电流从红表笔流出多用电表,测电阻时电流从红表笔流入多用电表
- 如图 2-8-4 所示是一个欧姆表的外部构造示意图,其正、负插孔内分别插有红、黑表笔,则虚线内的电路图应是选项图中的()

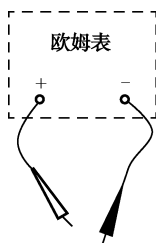
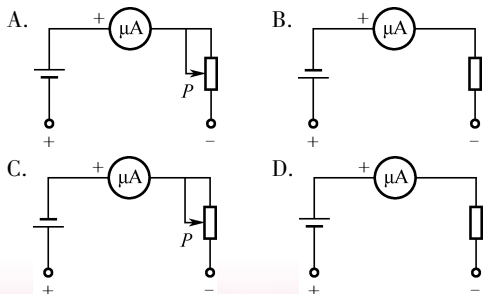
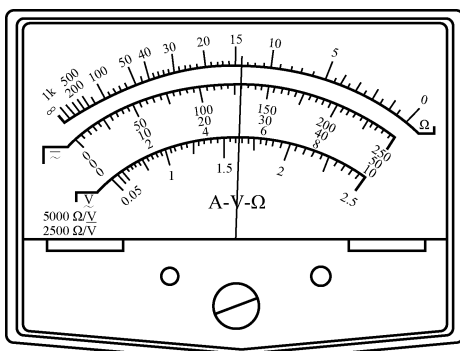


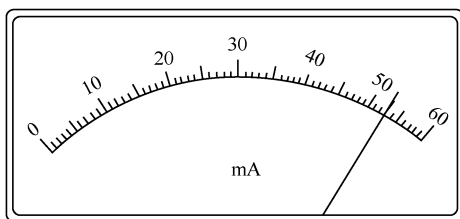
图 2-8-4



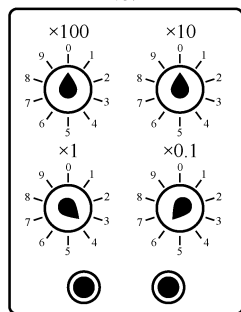
- 请读出如图 2-8-5 所示电表的读数:多用电表为 _____ Ω ,电流表为 _____ mA,电阻箱为 _____ Ω 。



(a)



(b)



(c)

图 2-8-5

- 如图 2-8-6 所示的多用电表正确测量了一个约 13Ω 的电阻后,需要继续测量一个阻值大概是 $2k\Omega$ 左右的电阻。以下给出的操作步骤哪些是必须的,请选择出来,按操作的先后顺序将选择出的步骤前的字母排序为()

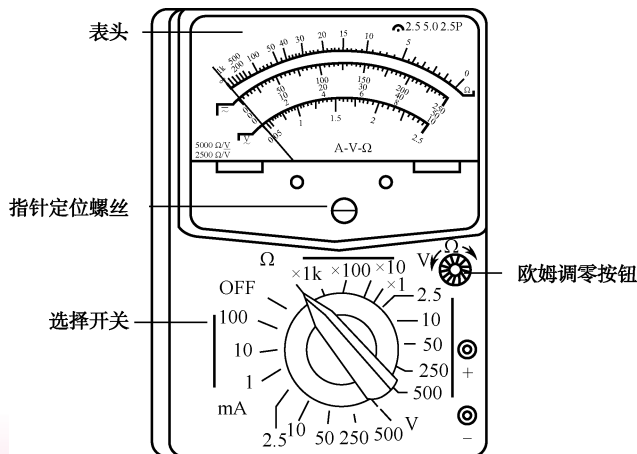


图 2-8-6

- A. 用螺丝刀调节表盘下中间部位的指针定位螺丝,使表针指零
 - B. 将红表笔和黑表笔接触
 - C. 把选择开关旋转到“ $\times 1k$ ”位置
 - D. 把选择开关旋转到“ $\times 100$ ”位置
 - E. 调节欧姆调零旋钮使表针指向欧姆零点
 - F. 将红、黑表笔接触 $2k\Omega$ 电阻的两端;读出电阻、读出测量值
 - G. 将选择开关拨到 OFF 挡
7. 如图 2-8-7 所示,甲乙两图显示万用表(测电阻)左右表笔分别是黑红表笔,下列说法正确的是()

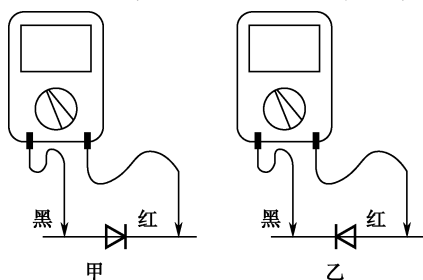


图 2-8-7

- A. 甲图是测二极管反向电阻
 - B. 甲图是测二极管正向电阻
 - C. 乙图是测二极管反向电阻
 - D. 乙图是测二极管正向电阻
8. 某同学做了“用多用表测电阻”的实验后,调整欧姆零点后,用“ $\times 10$ ”挡测量一个电阻的阻值,发现表针偏转角度极小,那么正确的判断和做法是()
- A. 这个电阻值很小
 - B. 这个电阻值很大
 - C. 为了把电阻值测得更准确些,应换用“ $\times 1$ ”挡,重新调整欧姆零点后测量
 - D. 为了把电阻值测得更准确些,应换用“ $\times 100$ ”挡,重新调整欧姆零点后测量
9. 在如图 2-8-8 所示电路的三根导线中,有一根是断的,电源、电阻器 R_1 、 R_2 及另外两根导线都是好的,为了查出断的导线,某学生想先将万用表的红表笔连接在电源的正极 a ,再将黑表笔分别连电阻器 R_1 的 b 端和 R_2 的 c 端,并观察万用表指针的示数,在下列选项中,符合操作规程的是()

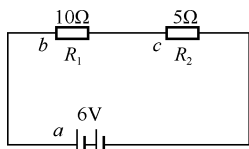


图 2-8-8

- A. 直流 10V 挡
 - B. 直流 0.5A 挡
 - C. 直流 2.5V 挡
 - D. 欧姆挡
10. 多用电表的下半部分如图 2-8-9 甲所示,标有“2.2V 0.25A”字样的小灯泡已接入电路,当多用电表的两表笔分别与小灯泡两端的接线柱 a 、 b 相接(如图乙所示),下列想法合理的是()

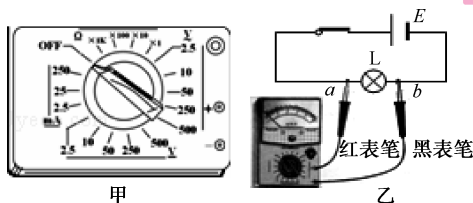


图 2-8-9

- A. 若选择开关拨到“ Ω ”挡的 $\times 1$ 处,可测量小灯泡的电阻
- B. 若选择开关拨到“ ∇ ”挡的 2.5 处,可测量小灯泡两端的电压
- C. 若选择开关拨到“V”挡的 2.5 处,可测量小灯泡两端的电压
- D. 若选择开关拨到“mA”挡的 250 处,可测量小灯泡中的电流

能力提升

11. 一个用满偏电流为 $3mA$ 的电流表改装而成的欧姆表,调零后用它测量 500Ω 的标准电阻时,指针恰对在刻度盘的正中间,电源 $E = 1.5V$ 。当用它测量一个未知电阻时,指针在 $1mA$ 处,则被测电阻的阻值为()
- A. 1000Ω
 - B. 5000Ω
 - C. 1500Ω
 - D. 2000Ω
12. (1) 如图 2-8-10 所示是欧姆表的原理图,电流表的满度电流值是 $125\mu A$,电池的电动势是 $1.5V$ 。若把表盘改画成欧姆数的刻度,则表盘正中央的电阻刻度值应是 $\quad k\Omega$,右端电阻刻度值应是 $\quad k\Omega$ 。
- (2) 测量电阻,每次换挡后,需重新 \quad ,再进行测量。
- (3) 如果表的指针偏转角度过大,为了测量比较准确,应将表的选择开关拨至倍率 \quad (大或小) 的挡位上。

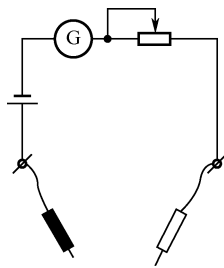


图 2-8-10

13. (1) 如图 2-8-11 所示为简单欧姆表原理示意图,其中电流表的满偏电流 $I_g = 300\mu A$,内阻 $R_g = 100\Omega$,可变电阻 R 的最大阻值为 $10k\Omega$,电池的电动势 $E = 1.5V$,内阻 $r = 0.5\Omega$,图中与接线柱 A 相连的表笔颜色应是 \quad 色。按正确使用使用方法测量电阻 R_x 的阻值时,指针指在刻度盘的正中央,则 $R_x = \quad k\Omega$ 。若该欧姆表使用一段时间后,电池电动势变小、内阻变大,但此表仍能调零,按正确使用使用方法再测上述 R_x ,其测量结果与原结果相比将(填“变大”、“变小”或“不变”)。

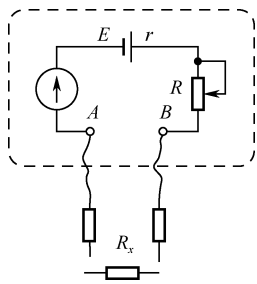


图 2-8-11

高考链接

14. (1) (2007 上海) 用多用表的欧姆挡测量阻值约为几十 $k\Omega$ 的电阻 R_x , 以下给出的是可能的操作步骤, 其中 S 为选择开关, P 为欧姆调零旋钮, 把你认为正确的步骤前的字母按合理的顺序填写在下面的横线上_____。

- 将两表笔短接, 调节 P 使指针对准刻度盘上欧姆挡的零刻度, 断开两表笔
 - 将两表笔分别连接到被测电阻的两端, 读出 R_x 的阻值后, 断开两表笔
 - 旋转 S 使其尖端对准欧姆挡 $\times 1k$
 - 旋转 S 使其尖端对准欧姆挡 $\times 100$
 - 旋转 S 使其尖端对准交流 500V 挡, 并拔出两表笔
- 根据如图 2-8-12 所示指针位置, 此被测电阻的阻值约为 _____ Ω 。

(2) (多选题) 下述关于用多用表欧姆挡测电阻的说法中正确的是_____。

- 测量电阻时如果指针偏转过大, 应将选择开关 S 拨至倍率较小的挡位, 重新调零后测量
- 测量电阻时, 如果红、黑表笔分别插在负、正插孔, 则会影响测量结果
- 测量电路中的某个电阻, 应该把该电阻与电路断开
- 测量阻值不同的电阻时都必须重新调零

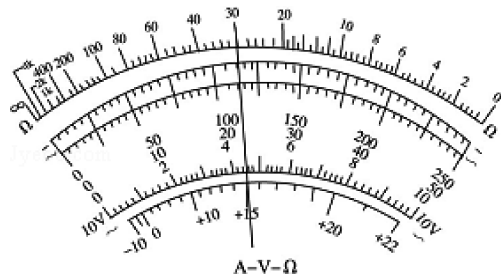
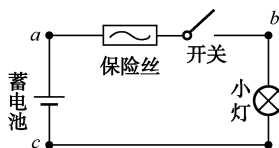


图 2-8-12

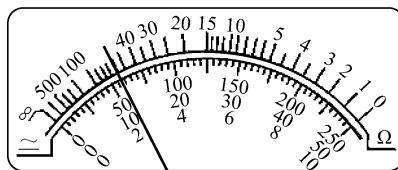
15. (2014 重庆) 某照明电路出现故障, 其电路如图 2-8-13 (1) 所示, 该电路用标称值 12V 的蓄电池为电源, 导线及其接触完好。维修人员使用已调好的多用表直流 50V 挡检测故障, 他将黑表笔接在 c 点, 用红表笔分别探测电路的 a、b 点。

(1) 断开开关, 红表笔接在 a 点时多用表指示如图 (2) 所示, 读数为 _____ V, 说明 _____ 正常。(选填: 蓄电池、保险丝、开关、小灯)。

(2) 红表笔接在 b 点, 断开开关时, 表针不偏转, 闭合开关后, 多用表指示仍然和图 (2) 相同, 可判定发生故障的器件是 _____。(选填: 蓄电池、保险丝、开关、小灯)



(1)



(2)

图 2-8-13

巅峰突破



16. 欧姆表电路及刻度盘如图 2-8-14 所示, 现因表头损坏, 换用一个新表头。甲表头满偏电流为原来表头的 2 倍, 内阻与原表头相同; 乙表头满偏电流与原表头相同, 内阻为原表头的 2 倍, 则换用甲表头和换用乙表头后刻度盘的中值电阻分别为()

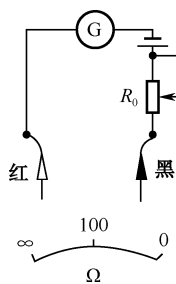


图 2-8-14

- 100 Ω , 100 Ω
- 200 Ω , 100 Ω
- 50 Ω , 100 Ω
- 100 Ω , 200 Ω

第九节 实验：测定电池的电动势和内阻

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
测定电池的 E 和 r	理解测定电池的电动势和内阻的原理和实验方法 会用图像法处理实验数据	II

二、知识解析

测电源的电动势和内阻

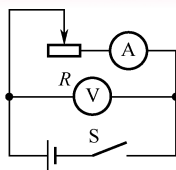


图 2-9-1

实验电路如图 2-9-1 所示。根据闭合电路欧姆定律： $E = U + Ir$ ，本实验电路中电压表的示数是准确的，而电流表的示数比通过电源的实际电流小，所以本实验的系统误差是由电压表的分流引起的。该实验中电动势和内阻的测量值都偏小。

为了减小偶然误差，要改变滑动变阻器的阻值，多取几组数据，然后利用 $U-I$ 图像处理实验数据。先描点，再画拟合直线，如图 2-9-2 所示。这条拟合直线代表的 $U-I$ 关系的偶然误差，比每一组实验数据的偶然误差都小。

这条直线在 U 轴上的截距就是被测电源电动势 E （对应的 $I=0$ ），斜率的绝对值就是被测电源的内阻 r 。（特别要注意：有时纵坐标的起始点不是 0，求内阻的一般表达式就应该是 $r = |\Delta U / \Delta I|$ ）。仅用电压表和电阻箱，或仅用电流表和电阻箱也能完成该实验。

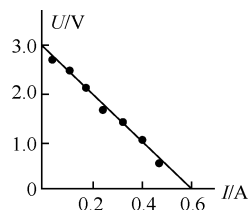


图 2-9-2

三、全能突破

基础演练

- 在测定电池电动势和内阻的实验中，为使实验误差小，且不会损害仪器，应选择（ ）
 - 内阻较大的普通干电池
 - 内阻较小的铅蓄电池
 - 电动势较小的普通干电池
 - 电动势较大的普通干电池
- 在测定电池电动势和内阻的实验中，除待测电池、开关和导线外，利用下列哪组仪器，不可以完成实验（ ）
 - 一只电压表和一个电阻箱
 - 一只电流表和一只电压表和一个滑动变阻器
 - 一只电流表和一个电阻箱
 - 一只电流表和一个滑动变阻器
- 如图 2-9-3 所示是测量电源电动势和内阻的电路，关于误差的说法正确的是（ ）
 - 由于电流表的分压作用，使内阻的测量值小于真实值
 - 由于电流表的分压作用，使内阻的测量值大于真实值
 - 由于电压表的分流作用，使内阻的测量值小于真实值
 - 由于电压表的分流作用，使内阻的测量值大于真实值
 - 测出的电动势与真实值相同
 - 测出的电动势比真实值小

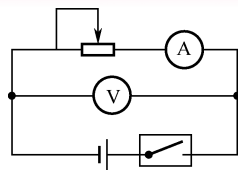


图 2-9-3

- 在测电池电动势和内阻的过程中，由于存在电路设计或操作问题，当开关 S 闭合后，移动滑动变阻器的滑片 P 时，出现了下列异常现象：
 - 电流表示数可变，电压表示数始终为零
 - 电流表示数为零，电压表示数不变
 - 电流表烧坏
 - 电流表示数不变，电压表示数可变
 以上 4 种现象对应的电路分别是图 2-9-4 中的①____，②____，③____，④____。

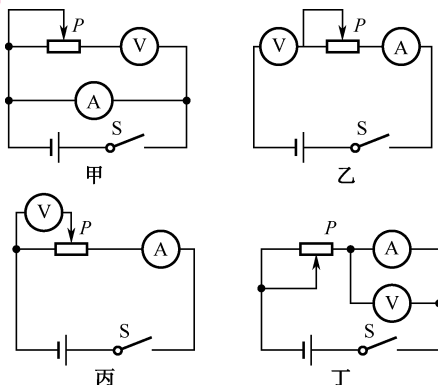


图 2-9-4

5. 如图 2-9-5 所示的电路中, R_1, R_2 为标准电阻。测定电源电动势和内阻时, 如果偶然误差可以忽略不计, 则电动势的测量值比真实值_____, 内阻的测量值比真实值_____, 测量误差产生的原因是_____。

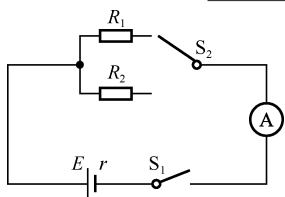


图 2-9-5

6. 如图 2-9-6 所示, R 为电阻箱, V 为理想电压表。闭合开关 S , 当电阻箱示数为 $R_1 = 2\Omega$ 时, 电压表的示数为 $U_1 = 4V$; 当电阻箱示数为 $R_2 = 5\Omega$ 时, 电压表的示数为 $U_2 = 5V$ 。电源的电动势 E 为_____V, 内阻 r 为_____ Ω 。

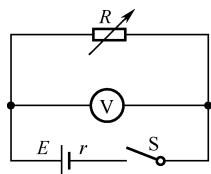


图 2-9-6

7. 测量电池的电动势 E 及内阻 r (E 约为 $4.5V$, r 约为 1.5Ω)。可选用的器材如下:
 量程为 $3V$ 的理想电压表 V ;
 量程为 $0.5A$ 的电流表 A (有一定内阻);
 固定电阻 4Ω ; 滑动变阻器 R (最大阻值为 10Ω); 开关 S , 导线若干。
 (1) 画出实验电路原理图, 要求实验尽可能精确, 且图中各元件需用题目给出的符号或字母标出。
 (2) 实验中, 当电流表的示数为 I_1 时, 电压表的示数为 U_1 ; 当电流表的示数为 I_2 时, 电压表的示数为 U_2 , 则可求出 $E =$ _____, $r =$ _____。(用 I_1, U_1, I_2, U_2 及 R 表示)。
 8. 如图 2-9-7 所示为测量某电源电动势和内阻时得到的 $U-I$ 图线。用此电源与三个阻值均为 3Ω 的电阻连接成电路, 测得路端电压为 $4.8V$, 则该电路可能为()

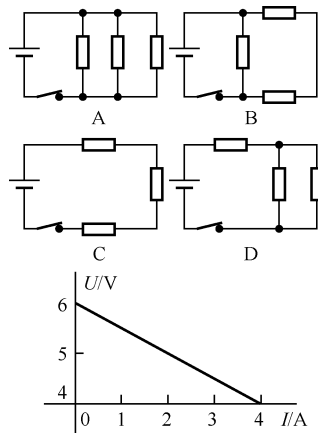


图 2-9-7

9. 在测定一节干电池 (电动势约为 $1.5V$, 内阻约为 2Ω) 的电动势和内阻的实验中, 变阻器和电压表各有两个供选: A 电压表量程为 $15V$, B 电压表量程为 $3V$, A 变阻器为 $(20\Omega, 3A)$, B 变阻器为 $(500\Omega, 0.2A)$ 。
 电压表应该选_____ (填 A 或 B), 这是因为_____;
 变阻器应该选_____ (填 A 或 B), 这是因为_____。
 10. 现有器材: 量程为 $10.0mA$ 、内阻约 $30\Omega \sim 40\Omega$ 的电流表一个, 定值电阻 $R_1 = 150\Omega$, 定值电阻 $R_2 = 100\Omega$, 单刀单掷开关 S , 导线若干, 要求利用这些器材测量一节干电池 (电动势约 $1.5V$) 的电动势。
 (1) 按要求在实物图 2-9-8 上连线。
 (2) 用已知量和直接测得量表示的待测电动势的表达式为 $E =$ _____, 式中各直接测得量的意义是_____。

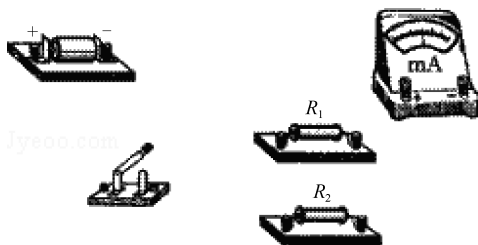


图 2-9-8

能力提升

11. 用伏安法测量一电池的内阻。已知该待测电池的电动势 E 约为 $9V$, 内阻约数十欧, 允许输出的最大电流为 $50mA$, 可选用的实验器材有:
 电压表 V_1 (量程 $5V$);
 电压表 V_2 (量程 $10V$);
 电流表 A_1 (量程 $50mA$);
 电压表 A_2 (量程 $100mA$);
 滑动变阻器 R (最大电阻 300Ω);
 定值电阻 R_1 (阻值为 200Ω , 额定功率为 $\frac{1}{8}W$);
 定值电阻 R_2 (阻值为 220Ω , 额定功率为 $1W$);
 开关 S ; 导线若干。

测量数据如图 2-9-9 $U-I$ 图线所示。

(1) 在相应的虚线方框内画出合理的电路原理图, 并标明所选器材的符号。

(2) 在设计的电路中, 选择定值电阻的根据是 _____。

(3) 由 $U-I$ 图线求得待测电池的內阻为 _____ Ω 。

(4) 在你设计的电路中, 产生系统误差的主要原因是 _____。

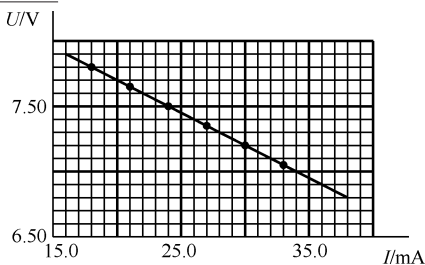


图 2-9-9

12. 利用电流表和电压表测定一节干电池的电动势和內阻, 要求尽量减小实验误差。

(1) 应该选择的实验电路是图 2-9-10 中的 _____。(选项“甲”或“乙”)

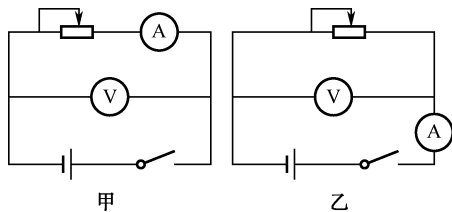


图 2-9-10

(2) 现有电流表 ($0 \sim 0.6 \text{ A}$)、开关和导线若干, 以及以下器材:

- A. 电压表 ($0 \sim 15 \text{ V}$)
- B. 电压表 ($0 \sim 3 \text{ V}$)
- C. 滑动变阻器 ($0 \sim 50 \Omega$)
- D. 滑动变阻器 ($0 \sim 500 \Omega$)

实验中电压表应选用 _____; 滑动变阻器应选用 _____。(选填相应器材前的字母)

(3) 某位同学记录的 6 组数据如表 2-9-1 所示, 其中 5 组数据的对应点已经标在图 2-9-11 的坐标纸上, 请标出余下一组数据的对应点, 并画出 $U-I$ 图线。

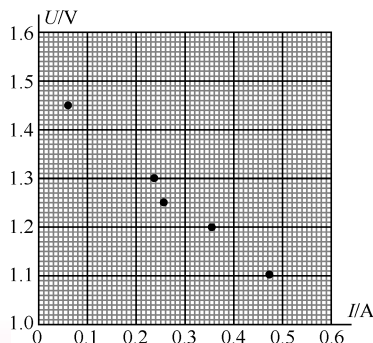


图 2-9-11

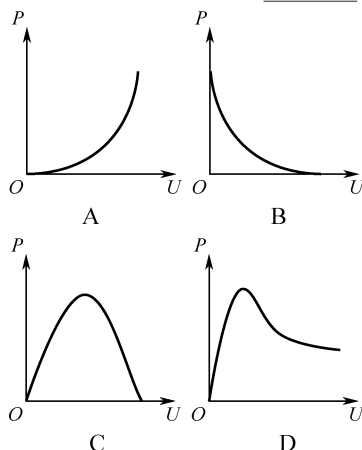
表 2-9-1

序号	1	2	3	4	5	6
电压 $U(\text{V})$	1.45	1.40	1.30	1.25	1.20	1.10
电流 $I(\text{A})$	0.060	0.120	0.240	0.260	0.360	0.480

(4) 根据 (3) 中所画图线可得出干电池的电动势

$E = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$, 內电阻 $r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

(5) 实验中, 随着滑动变阻器滑片的移动, 电压表的示数 U 以及干电池的输出功率 P 都会发生变化。下列各示意图中正确反映 $P-U$ 关系的是 _____。



13. 某同学将铜片和锌片插入水果中制成一个“水果电池”, 该同学利用下列所给器材测量水果电池的电动势 E 和內阻 r 。

- A. 电流表 G_1 (內阻 $R_1 = 15 \Omega$, 满偏电流 $I_A = 2 \text{ mA}$)
- B. 电流表 G_2 (量程 20 mA , 內阻约 2Ω)
- C. 滑动变阻器 R_1 ($0 \sim 1000 \Omega$)
- D. 电阻箱 R_2 ($0 \sim 9999.9 \Omega$)
- E. 待测水果电池 (电动势 E 约 4 V , 內阻 E 约 500Ω)
- F. 开关 S , 导线若干

(1) 实验中用电流表 G_1 改装成量程 $0 \sim 4 \text{ V}$ 的电压表, 需 _____ (选填“串联”或“并联”) 一个阻值为 _____ Ω 的电阻。

(2) 该同学用电流表 G_2 和改装成的电压表测量水果电池的电动势和內阻, 设计了如图 2-9-12 (1) 所示的实验电路图。请根据电路图, 将图中的实物连接成实验用的电路。

(3) 接通开关, 逐次调节滑动变阻器, 读取电流表示数 I 和对应的电压表的示数 U , 记录了 6 组数据, 并在图中标注出了几个与测量对应的坐标点, 如图 (2) 所示。请你在图上把已经描绘出的坐标点连成 $U-I$ 图线。

(4) 根据图 2-9-12 (2) 描绘出的图线可得出水果电池的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$, 內电阻 $r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

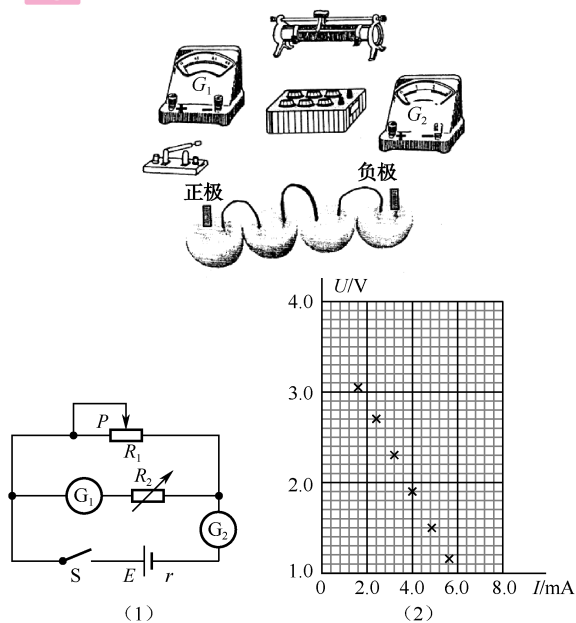


图 2-9-12

14. 根据闭合电路欧姆定律,用图 2-9-13(1)所示电路可以测定电池的电动势和内阻。图中 R_0 两端的对应电压为 U_{12} ,对测得的实验数据进行处理,就可以实现测量目的。根据实验数据在 $\frac{1}{U_{12}} - R$ 坐标系中描出坐标点,如图(2)所示。已知 $R_0 = 150\Omega$,请完成以下数据分析和处理。

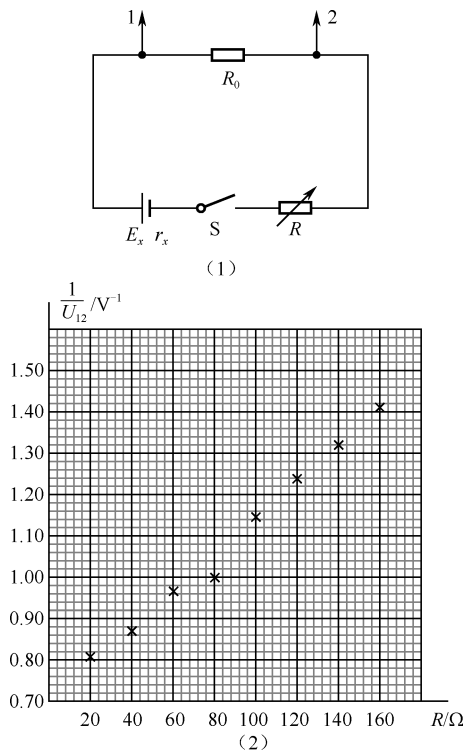


图 2-9-13

- (1) 图(2)中电阻为 $\underline{\hspace{2cm}}$ Ω 的数据点应剔除;
 (2) 在坐标纸上画出 $\frac{1}{U_{12}} - R$ 关系图线;

(3) 图线的斜率是 $\underline{\hspace{2cm}}$ ($V^{-1}\Omega^{-1}$),由此可得电池电动势 $E_x = \underline{\hspace{2cm}}$ V。

15. 某同学利用 DIS、定值电阻 R_0 、电阻箱 R_1 等实验器材测量电池 a 的电动势和内阻,实验装置如图 2-9-14(1)所示。实验时多次改变电阻箱的阻值,记录外电路的总电阻阻值 R ,用电压传感器测得端电压 U ,并在计算机上显示出如图(2)所示的 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 关系图线 a 。重复上述实验方法测量电池 b 的电动势和内阻,得到图(2)中的图线 b 。

- (1) 由图线 a 可知电池 a 的电动势 $E_a = \underline{\hspace{2cm}}$ V,内阻 $r_a = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω 。
 (2) 若用同一个电阻 R 先后与电池 a 及电池 b 连接,则两电池的输出功率 $P_a \underline{\hspace{2cm}}$ P_b (填“大于”、“等于”或“小于”)。

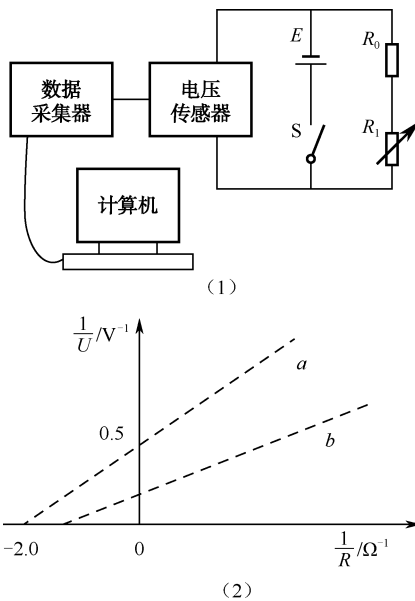


图 2-9-14

16. 在测量电源的电动势和内阻的实验中,由于所用的电压表(视为理想电压表)的量程较小,某同学设计了如图 2-9-15 所示的实物电路。

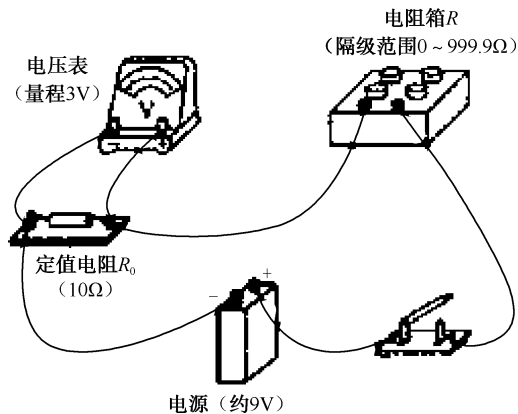


图 2-9-15

- (1) 实验时,应先将电阻箱的电阻调到 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。(选填“最大值”、“最小值”或“任意值”)

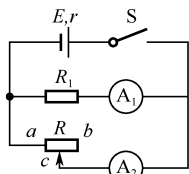
(2) 改变电阻箱的阻值 R , 分别测出阻值 $R_0 = 10\Omega$ 的定值电阻两端的电压 U , 下列两组 R 的取值方案中, 比较合理的方案是_____。(选填“1”或“2”)

方案编号	电阻箱的阻值 R/Ω				
1	400.0	350.0	300.0	250.0	200.0
2	80.0	70.0	60.0	50.0	40.0

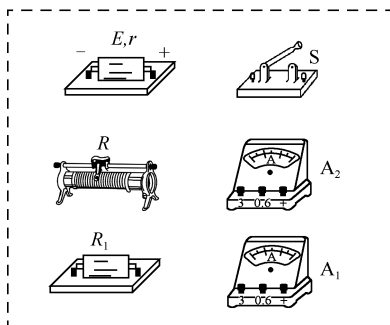
(3) 根据实验数据描点, 绘出的 $\frac{1}{U} - R$ 图像是一条直线。若直线的斜率为 k , 在 $\frac{1}{U}$ 坐标轴上的截距为 b , 则该电源的电动势 $E =$ _____, 内阻 $r =$ _____。(用 k, b 和 R_0 表示)

17. 图 2-9-16(1) 是利用两个电流表 A_1 和 A_2 测量干电池电动势 E 和内阻 r 的电路原理图。图中 S 为开关, R 为滑动变阻器, 固定电阻 R_1 和 A_1 内阻之和为 10000Ω (比 r 和滑动变阻器的总电阻都大得多), A_2 为理想电流表。

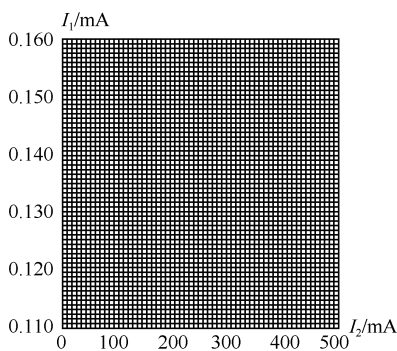
① 按电路原理图在图(2)虚线框内各实物图之间画出连线。



(1)



(2)



(3)

图 2-9-16

- ② 在闭合开关 S 前, 将滑动变阻器的滑动端 c 移动至_____。(填“ a 端”、“中央”或“ b 端”)。
③ 闭合开关 S , 移动滑动变阻器的滑动端 c 至某一位

置, 读出电流表 A_1 和 A_2 的示数 I_1 和 I_2 。多次改变滑动端 c 的位置, 得到的数据见表 2-9-2。

表 2-9-2

I_1/mA	0.120	0.125	0.130	0.135	0.140	0.145
I_2/mA	480	400	320	232	140	68

在图(3)所示的坐标纸上以 I_1 为纵坐标, I_2 为横坐标画出所对应的 $I_1 - I_2$ 曲线。

④ 利用所得曲线求电源的电动势 $E =$ _____ V, 内阻 $r =$ _____ Ω 。(保留两位小数)

⑤ 该电路中电源输出的短路电流 $I_m =$ _____ A。

18. 某同学设计了一个如图 2-9-17(1) 所示的实验电路, 用以测定电源电动势和电阻, 使用的实验器材为: 待测干电池阻(电动势约 3V)、电流量(量程 0.6A, 内阻小于 1Ω)、电阻箱($0 \sim 99.99\Omega$)、滑动变阻器($0 \sim 10\Omega$)、单刀单掷开关各一个及导线若干, 考虑到干电池的内阻较小, 电流表的内阻不能忽略。

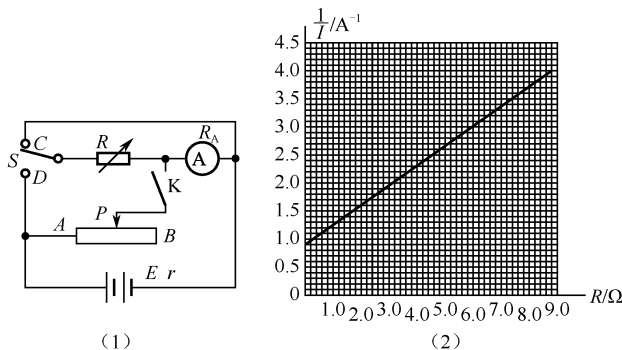


图 2-9-17

- (1) 该同学按图连线, 先将开关 K 合上, 调节滑动变阻器的阻值, 使电流表满偏; 再将开关 S 接到 C 点上, 调节电阻箱 R (可认为流过电源的电流不变), 当电阻箱阻值为 0.20Ω 时, 电流表的读数为满偏时的一半。则测得电流表的内阻 $R_A =$ _____ Ω 。
(2) 该实验存在系统误差, 使电流表电阻的测量值_____真实值。(填“大于”或“小于”)
(3) 断开开关 K , 将开关 S 接在 D 点上, 调节电阻箱 R , 得到如图(2)所示由实验数据绘出的 $\frac{1}{I} - R$ 图像, 由此求出待测干电池组的电动势 $E =$ _____ V、内阻 $r =$ _____ Ω 。(计算结果保留三位有效数字)

高考链接

19. (2014 上海) 在“用 DIS 测电源的电动势和内阻”的实验中

(1) 将待测电池组、滑动变阻器、电流传感器、电压传感器、定值电阻、电键及若干导线连接成电路如图 2-9-18(a) 所示, 图中未接导线的 A 端应接在_____点(选填“ B ”、“ C ”、“ D ”或“ E ”)。

(2) 实验得到的 $U - I$ 关系如图(b)中的直线 I 所示, 则电池组的电动势为_____ V, 内电阻的阻值为_____ Ω 。

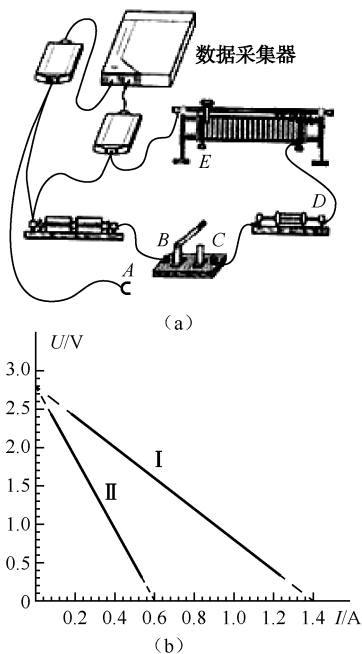


图 2-9-18

_____ Ω 。

(3) 为了测量定值电阻的阻值,应在图(a)中将“A”端重新连接到_____点(选填:“B”、“C”、“D”或“E”),所得到的 $U-I$ 的关系如图(b)中的直线 II 所示,则定值电阻的阻值为_____ Ω 。

20. (2014 福建) 某研究性学习小组利用伏安法测定某一电池组的电动势和内阻,实验原理如图 2-9-19 甲所示。其中,虚线框内用灵敏电流计 G 改装的电流表 A, V 为标准电压表, E 为待测电池组, S 为开关, R 为滑动变阻器, R_0 的标称值为 4.0Ω 的定值电阻。

- ① 已知灵敏电流计 G 的满偏电流 $I_g = 100\mu\text{A}$ 、内阻 $r_g = 2.0\text{k}\Omega$,若要改装后的电流表满偏电流为 200mA ,应并联一只_____ Ω (保留一位小数)的定值电阻 R_1 ;
- ② 根据图 2-9-19 甲,用笔画线代替导线将图乙连接成完整电路;

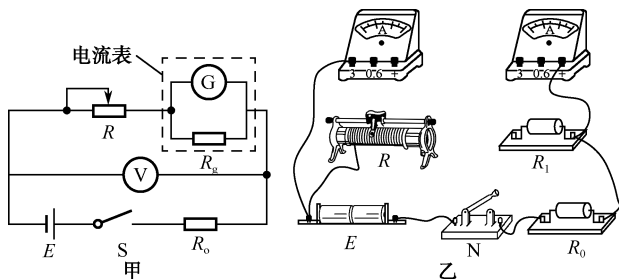


图 2-9-19

- ③ 某次实验的数据如表 2-9-3 所示:

表 2-9-3

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8
电压表读数 U/V	5.26	5.16	5.04	4.94	4.83	4.71	4.59	4.46
改装表读数 I/mA	20	40	60	80	100	120	140	160

该小组借鉴“研究匀变速直线运行”实验中计算加速度的方法(逐差法),计算出电池组的内阻 $r =$ _____ Ω (保留两位小数);为减少偶然误差,逐差法在数据处理方面体现出的主要优点是_____。

- ④ 该小组在前面实验的基础上,为探究甲图电路中各元器件的实际阻值对测量结果的影响,用一已知电动势和内阻的标准电池组,通过上述方法多次测量后发现:电动势的测量值与已知值几乎相同,但内阻的测量值总是偏大。若测量过程无误,则内阻测量值总量偏大的原因是_____。

- A. 电压表内阻的影响
- B. 滑动变阻器的最大阻值偏小
- C. R_1 的实际阻值比计算值偏小
- D. R_0 的实际阻值比标称值偏大

第十节 简单逻辑电路

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
简单的逻辑电路	了解数字电路和模拟电路的概念 了解数字电路的优点 了解“与”门、“或”门、“非”门电路的特征、逻辑关系及表示法 初步了解“与”门、“或”门、“非”门电路在实际问题中的应用	I

二、知识解析

1. “与”门

如果一个事件的几个条件都满足后,该事件才能发生,这种关系叫做“与”逻辑关系。具有“与”逻辑关系的电路称为“与”门电路,简称“与”门。

(1)“与”逻辑电路,如图 2-10-1 所示。

(2)“与”门的逻辑符号,如图 2-10-2 所示。(3)“与”门的真值表,如表 2-10-1 所示。(4)“与”门反映的逻辑关系为 $Y = A \times B$ 。

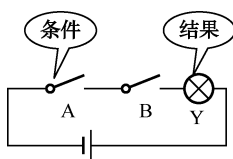


图 2-10-1

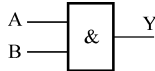


图 2-10-2

表 2-10-1

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

2. “或”门

如果几个条件中,只要有一个条件得到满足,某事件就会发生,这种关系叫做“或”逻辑关系。具有“或”逻辑关系的电路叫做“或”门。

(1)“或”逻辑电路,如图 2-10-3 所示。

(2)“或”门的逻辑符号,如图 2-10-4 所示。(3)“或”门的真值表,如表 2-10-2 所示。(4)“或”门反映的逻辑关系为 $Y = A + B$ 。

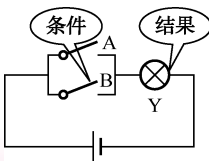


图 2-10-3

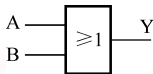


图 2-10-4

表 2-10-2

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

3. “非”门

输出状态和输入状态呈相反的逻辑关系,叫做“非”逻辑关系,具有“非”逻辑关系的电路叫“非”门。

(1)“非”逻辑电路,如图 2-10-5 所示。(2)“非”门的逻辑符号,如图 2-10-6 所示。(3)“非”门的真值表,如表 2-10-3 所示。(4)“非”门反映的逻辑关系为 $Y = \bar{A}$ 。

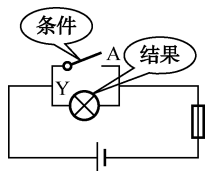


图 2-10-5

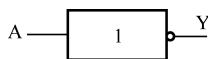


图 2-10-6

表 2-10-3

输入	输出
A	Y
0	1
1	0

三、全能突破

基础演练

- 逻辑电路的信号有两种状态:一种是高电位状态,用“1”表示;另一种是低电位状态,用“0”表示。关于“1”和“0”下列说法正确的是()
A. “1”表示电压为 1V,“0”表示电压为 0V
B. “1”表示电压为大于或等于 1V,“0”表示电压一定为 0V
C. “1”和“0”是逻辑关系的两种可能的取值,不表示具体的数字
D. “1”表示该点与电源正极相连,“0”表示该点与电源负极相连
- 联合国安理会每个常任理事国都拥有否决权,假设设计一个表决器,常任理事国投反对票时输入“0”,投赞成或弃权票时输入“1”,提案通过为“1”,不通过为“0”,则这个表决器应具有()逻辑关系。
A. 与门 B. 或门 C. 非门 D. 与非门
- 数字信号和模拟信号的不同之处是()
A. 数字信号在大小上不连续,时间上连续,而模拟信号则相反
B. 数字信号在大小上连续,时间上不连续,而模拟信号则相反
C. 数字信号在大小和时间上均不连续,而模拟信号则

相反

D. 数字信号在大小和时间上均连续,而模拟信号则相反

- 如图 2-10-7 所示是一个三输入端复合门电路,当 C 端输入“1”时,A、B 端输入为何时输出端 Y 输出“1”()
A. 0 0
B. 0 1
C. 1 0
D. 1 1

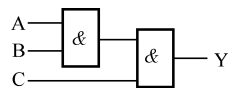


图 2-10-7

- 对于如图 2-10-8 所示的门电路,或门的输入端输入信号为何时,输出端输出“0”()
A. 0 0
B. 0 1
C. 1 0
D. 1 1

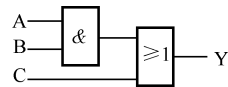


图 2-10-8

- 走廊里有一盏电灯,在走廊两端各有一个开关,我们希望不论哪一个开关接通都能使电灯点亮,那么设计的电路为()
A. “与”门电路
B. “非”门电路

C. “或”门电路

D. 上述答案都有可能

7. 如图 2-10-9 所示为两个非门和一个或门组成的复合门电路,请在表 2-10-4 中填写该门电路的真值表。

表 2-10-4

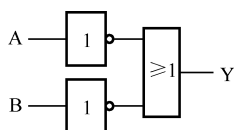


图 2-10-9

输入		输出
A	B	Y

能力提升

8. 如图 2-10-10 所示 A、B 分别表示某一个门电路两个输入端的信号,Z 表示该门电路输出端的信号,则根据它们的波形可以判断该门电路是()

A. “与”门
B. “或”门
C. “非”门
D. “与非”门

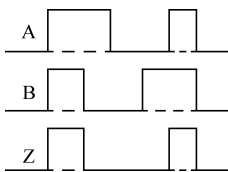


图 2-10-10

9. 在如图 2-10-11 所示的逻辑电路中,当 A 端输入电信号“1”、B 端输入电信号“1”时,则在 C 和 D 端输出的电信号分别为()

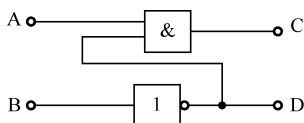
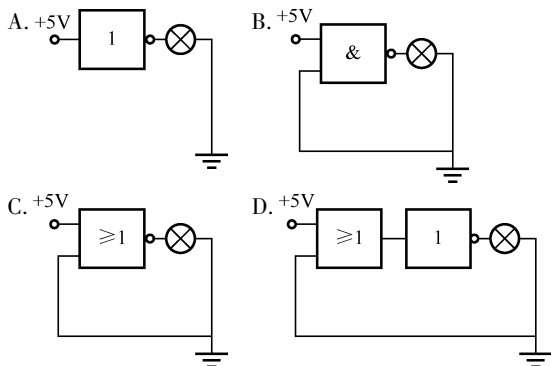


图 2-10-11

A. 1 和 0 B. 0 和 1 C. 1 和 1 D. 0 和 0

10. 下列四个电路中能使小灯泡发光的是()



11. 如图 2-10-12 所示是某逻辑电路,当 A 和 B 分别输入 1 和 1 时,则 C 和 D 输出信号是()

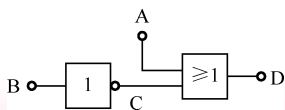


图 2-10-12

A. 0 和 0 B. 0 和 1 C. 1 和 0 D. 1 和 1

12. 模拟交通路口拍摄闯红灯的电路如图 2-10-13 所示,当汽车通过路口时, S_1 闭合;当红灯亮起时, S_2 闭合。若要在汽车违章时进行拍摄,且摄像机需要一定的工作电压,能实现此功能的逻辑门电路是()

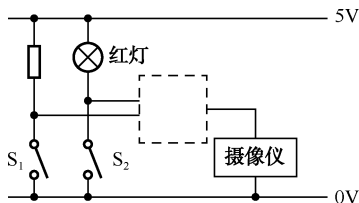
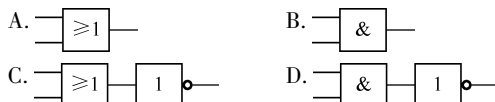


图 2-10-13



13. 如图 2-10-14 所示为包含某逻辑电路的一个简单电路,L 为小灯泡,光照射电阻 R_2 时,其阻值将变得远小于电阻 R_1 。当 R_2 受到光照时,下列判断正确的是()

A. A 点为高电势,灯 L 不发光
B. A 点为低电势,灯 L 不发光
C. A 点为高电势,灯 L 发光
D. A 点为低电势,灯 L 发光

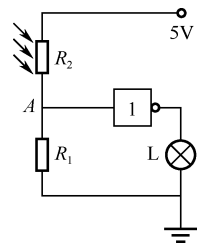


图 2-10-14

14. 如图 2-10-15 所示为路灯自动控制门电路。R 是可调电阻, R_G 是光敏电阻(光照时阻值会显著地减小),J 为路灯自动总开关(未画路灯电路)。则图中所用的门电路为()电路,以及为了让路灯在天色更暗时才自动接通开关应将电阻 R()

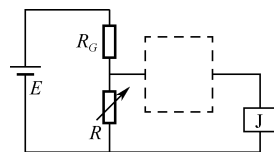
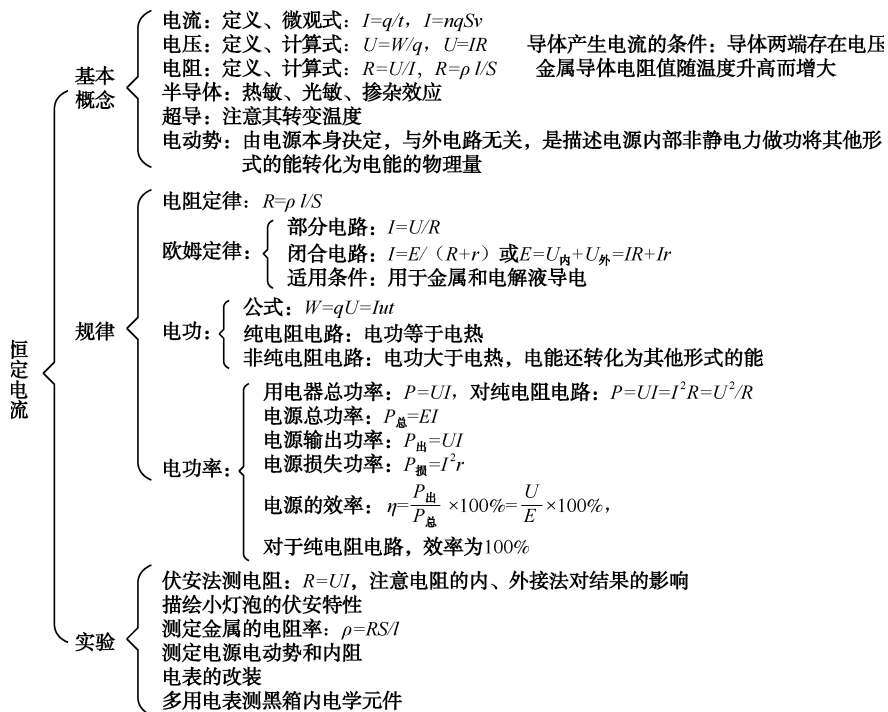


图 2-10-15

A. 非门,增大 B. 非门,减小
C. 与门,增大 D. 与门,减小

方法技巧归纳

一、本章知识结构图



二、本章知识技巧归纳

1. 电功、电功率的计算

(1) 用电器正常工作的条件。

- ① 用电器两端的实际电压等于其额定电压。
- ② 用电器中的实际电流等于其额定电流。
- ③ 用电器的实际电功率等于其额定功率。

由于以上三个条件中的任何一个得到满足时, 其余两个条件必定满足, 因此它们是用电器正常工作的等效条件。灵活选用等效条件, 往往能够简化解题过程。

(2) 用电器接入电路时。

- ① 纯电阻用电器接入电路中, 若无特别说明, 应认为其电阻不变。
- ② 用电器实际功率超过其额定功率时, 认为它将被烧毁。

【例1】微型吸尘器的直流电动机内阻一定, 当加上 0.3V 的电压时, 通过的电流为 0.3A, 此时电动机不转; 当加在电动机两端的电压为 2.0V 时, 电流为 0.8A, 这时电动机正常工作, 则吸尘器的效率为多少?

【解析】当加 0.3V 电压时, 电动机不转, 说明电动机无机械能输出, 它消耗的电能全部转化为内能, 此时电动机也可视为纯电阻, 则 $r=U_1/I_1=1\Omega$; 当加 2.0V 电压, 电流为 0.8A 时, 电动机正常工作, 有机械能输出, 此时的电动机为非纯电阻用电器, 消耗的电能等于转化机械能和内能之和。转化的热功率由 $P=I_2^2r=0.8^2\times 1=0.64\text{W}$ 计算, 总功率由 $P_0=I_2U_2=0.8\times 2.0=1.6\text{W}$ 计算。所以电动机的效率为 $\eta=(P_0-P)/P_0=60\%$ 。

2. 电路结构分析

电路的基本结构是串联和并联, 分析混联电路常用的方法是:

节点法: 把电势相等的点, 看做同一点。

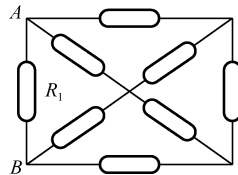
回路法: 按电流的路径找出几条回路, 再根据串联关系画出等效电路图, 从而明确其电路结构。

其普遍规律是：

- (1) 凡用导线直接连接的各点的电势必相等(包括用不计电阻的电流表连接的点)。
- (2) 在外电路,沿着电流方向电势降低。
- (3) 凡接在同样两个等势点上的电器为并联关系。
- (4) 不加声明的情况下,不考虑电表对电路的影响。

【例2】图2-11-1 中所示电路由8个不同的电阻组成,已知 $R_1 = 12\Omega$,其余电阻阻值未知,测得A、B之间总电阻为 4Ω 。今将 R_1 换成 6Ω 的电阻,则A、B间的总电阻变为 Ω 。

【解析】利用等效代换的办法处理:即将除去 R_1 之后的7个不同的电阻对A、B两点间的等效阻值设为 R ,则总的对A、B间的等效电阻值就为 R_1 与 R 之间并联的等效值,由并联电路规律有 $\frac{1}{12} + \frac{1}{R} = \frac{1}{4}$, $\frac{1}{6} + \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{AB}}$,联立求得 $R_{AB} = 3\Omega$ 。



【例3】图2-11-2 所示的电路中,A、B、C 分别表示理想电表或电压表,它们的示数以安或伏为单位。当电键S 闭合后,A、B、C 三表示数分别为1、2、3 时,灯 L_1 、 L_2 正好均正常发光。已知灯 L_1 、 L_2 的额定功率之比为3:1,则可判断()

- A. A、B、C 均为电流表 B. A、B、C 均为电压表
C. B 为电流表,A、C 为电压表 D. B 为电压表,A、C 为电流表

【解析】若三个表均为电流表,则电路出现短路,灯不可能正常发光,故选项A 错;若三个表均为电压表,则电路出现断路,灯亦不能正常发光,故选项B 错;若B 为电流表,A 和C 为电压表,则两灯

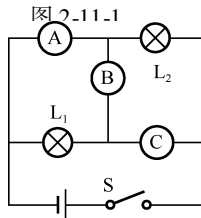


图 2-11-2

串联,A 表测 L_1 的电压,C 表测 L_2 的电压,即为 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{IU_A}{IU_C} = \frac{U_A}{U_C} = \frac{1}{3} \neq \frac{3}{1}$,故选项C 错。

若B 为电压表,A 和C 为电流表,则两灯并联,A 表测 L_2 的电流,C 表测 L_1 的电流,故有

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_C U}{I_A U} = \frac{I_C}{I_A} = \frac{3}{1}, \text{故选项 D 正确。}$$

【答案】D

3. 电表的改装

(1) 灵敏电流表(也叫灵敏电流计):用来测量微弱电流、电压的有无和方向。其主要参数有三个:①内阻 R_g 。②满偏电流 I_g ,即灵敏电流表指针偏转到最大刻度时的电流,也叫灵敏电流表的电流量程。③满偏电压 U_g ,灵敏电流表通过满偏电流时加在表两端的电压。以上三个参数的关系 $U_g = I_g R_g$ 。其中 I_g 和 U_g 均很小,所以只能用来测量微弱的电流或电压。

(2) 电流表:用来测量电路中的电流,电流表是用灵敏电流表并联一个分流电阻改装而成。设电流表量程为 I ,扩大量程的倍数 $n = I/I_g$,由并联电路的特点得: $I_g \cdot R_g = (I - I_g)R$, $R = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{R_g}{n - 1}$ 。

内阻 $r_A = \frac{R R_g}{R + R_g} = \frac{R_g}{n}$,由这两式子可知,电流表量程越大, R_g 越小,其内阻也越小。

(3) 电压表:用来测量电路中两点之间的电压。电压表是用灵敏电流表串联一个分压电阻改装而成,如图2-11-3 所示。设电压表的量程为 U ,扩大量程的倍数为 $n = U/U_g$,由串联电路的特点,得:

$$U = U_g + I_g R, \quad I_g = U_g / R_g, \quad R = \left(\frac{U}{U_g} - 1 \right) R_g = (n - 1) R_g$$

电压表内阻 $r_V = R + R_g = n R_g$,由这两个式子可知,电压表量程越大,分压电阻就越大,其内阻也越大。

(4) 半值分流法(也叫半偏法)测电流表的内阻,如图2-11-4 所示。其原理是:

当 S_1 闭合、 S_2 打开时: $I_g (r_g + R_1) = E$

当 S_2 再闭合时: $U_g + U_{R2} = E, \frac{1}{2} I_g \cdot r_g + \left(\frac{1}{2} I_g + \frac{I_g \cdot r_g}{2 R_2} \right) \times R_1 = E$

联立以上两式,消去 E 可得: $2 I_g + 2 R_1 = r_g + R_1 + r_g \cdot \frac{R_1}{R_2}$

得: $r_g = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2}$ 可见:当 $R_1 \gg R_2$ 时,有: $r_g = R_2$

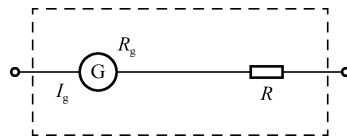


图 2-11-3

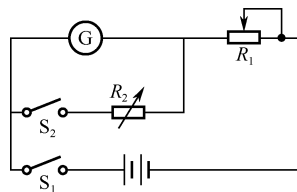


图 2-11-4

(5) 非理想电表对电路的影响不能忽略,解题时应把它们看做是能显示出本身电压或电流的电阻器。

① 用电压表测得的电压实际上是被测电路与电压表并联后两端的电压,由于电压表内阻不可能无限大,因此测得的电压总比被测电路两端的实际电压小,电压表的内阻越大,表的示数越接近于实际电压值。

②用电流表测得的电流,实质上是被测量的支路(或干路)串联一个电阻(即电流表内阻)后的电流。因此,电流表内阻越小,表的示数越接近于真实值。

【例4】如图2-11-5所示,四个相同的表头分别改装成两个安培表和两个伏特表。安培表 A_1 的量程大于 A_2 的量程,伏特表 V_1 的量程大于 V_2 的量程,把它们按图接入电路,则

- 安培表 A_1 的读数_____安培表 A_2 的读数。
 安培表 A_1 的偏转角_____安培表 A_2 的偏转角。
 伏特表 V_1 的读数_____伏特表 V_2 的读数。
 伏特表 V_1 的偏转角_____伏特表 V_2 的偏转角。
 (填“大于”,“小于”或“等于”)

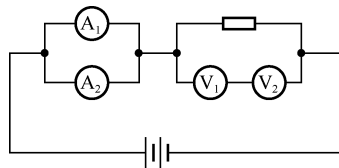


图2-11-5

【解析】两电流表并联,两表头两端的电压相同,流过的电流相同,故偏转角相同,但因 A_1 的量程大,故 A_1 的示数大于 A_2 的示数。当把 V_1 和 V_2 串联使用时,组成电压表的电流表和分压电阻都是串联关系,通过完全相同的两只电流表的电流也相等,指针偏转角度相等。根据串联电路的电压分配关系,分配在 V_1 和 V_2 两端电压,即 V_1 和 V_2 读数之比等于两只电压表的内阻之比。伏特表 V_1 的量程大,所以读数大。

【例5】将两个相同的表头,分别改装成一只电流表和一只电压表,一个同学在做实验时误将这两个表串联起来,则()

- A. 两表指针都不偏转
 B. 两表指针偏角相同
 C. 电流表指针有偏转,电压表指针几乎不偏转
 D. 电压表指针有偏转,电流表指针几乎不偏转

【解析】把完全相同的表头,分别改制成一只电流表和一只电压表,串联接入电路中时,电流表中均有电流通过,两表指针都偏转,只是电压表中的电流表处在干路中通过的电流大,偏转角也大。因此电压表指针有偏转,电流表指针几乎不偏转。

【答案】D

【例6】电源的电动势和内阻都保持一定,现用两个不同的电压表先后直接接到电源的两极上,电压表I的读数是 U_1 ,电压表II的读数是 U_2 ,已知电压表的内阻依次是 R_1 、 R_2 ,且 $R_1 > R_2$,那么由于两电压表内阻不同,将是()

- A. U_1 一定小于 U_2
 B. U_1 一定大于 U_2
 C. 若将两个电压表同时并接在电源的两极时,读数一定不同
 D. 若将两个电压表串联后接在电源的两极时,两电压表读数之和一定大于 U_1

【解析】因 $R_1 > R_2$,则用电压表I测量时的电路总电阻大于用电压表II测量时的电路总电阻。由闭合电路欧姆定律可知 $I_1 < I_2$,因此用电压表I测量时因内电压小而路端电压大,即 $U_1 > U_2$ 。若两个电压表并联测量时,因两电压表并联,则测量电压必相同。若两电压表串联接在电源两极,因总电阻大于 R_1 ,总电流小于 I_1 ,故内电压必小于单独用电压表I测量时的内电压。因此,路端电压(即两电压表读数之和)一定大于 U_1 。

【答案】BD

4. 两个 $U-I$ 图像的比较

(1)路端电压与电流的关系: $U = E - Ir$,可用图2-11-6甲表示,图像表示在 E 、 r 不变的前提下, U 随 I 单调递减, U 是 I 的一次函数,由图甲说明:

- ①图中表示电流为 I_1 时,路端电压为 U_1 ,对应内电压为 U' 。
 ②过 E 点的平行于横轴的虚线表示电流为零时,路端电压不随 I 而改变,且始终等于电源电动势,就是理想电源的情况。
 ③图线斜率表示电源内阻的大小。

图中 I_m 表示外电阻等于零(即短路)时,回路中的电流,即 $I_m = E/r$ 。

(2)一段导体两端的电压与通过的电流关系: $U = IR$,可用图2-11-6乙表示。图像表明在电阻 R 不变的条件下, U 与 I 成正比,斜率表示导体的电阻。

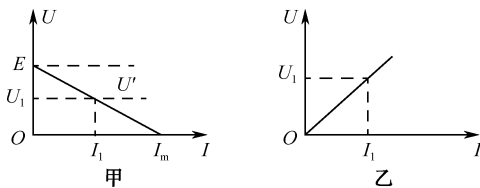


图2-11-6

【例7】将电阻 R_1 和 R_2 分别接到同一电池组的两极时消耗的电功率相同。电池组向两个电阻供电时的电流分别是 I_1 和 I_2 ,电池组内阻消耗的功率分别为 P'_1 和 P'_2 ,电池组的效率分别是 η_1 和 η_2 ,电阻两端的电压分别是 U_1 和 U_2 。若已知电流 $I_1 < I_2$,则有()

- A. $R_1 > R_2$ B. $U_1 > U_2$ C. $\eta_1 > \eta_2$ (D) $P'_1 > P'_2$

【解析】依题意可画出电源的外电压特性曲线和 R_1 、 R_2 的伏安特性曲线，因 $U_1 I_1 = U_2 I_2$ ， $I_1 < I_2$ ，所以 R_1 、 R_2 的相对关系如图 2-11-7 所示，由图可知， $R_1 > R_2$ ， $U_1 > U_2$ ，AB 对；由 $\eta = UI/EI = U/E$ 可知， $\eta_1 > \eta_2$ ，C 对；由 $P' = I^2 r$ 可知 $P'_1 < P'_2$ ，故 D 错。

【答案】ABC。

5. 动态电路变化的分析

动态电路变化的分析是根据欧姆定律及串、并联电路的性质，来分析电路中某一电阻变化而引起的整个电路中各部分电学量的变化情况，如图 2-11-8 所示。常见方法如下：

(1) 程序法：基本思路是“部分→整体→部分”。即用部分电路欧姆定律分析各部分量的变化情况。

即 $R_{\text{局}} \begin{matrix} \text{增大} \\ \text{减小} \end{matrix} \rightarrow R_{\text{总}} \begin{matrix} \text{增大} \\ \text{减小} \end{matrix} \rightarrow I_{\text{总}} \begin{matrix} \text{减小} \\ \text{增大} \end{matrix} \rightarrow U_{\text{总}} \begin{matrix} \text{增大} \\ \text{减小} \end{matrix} \rightarrow I_{\text{分}} \begin{matrix} \text{增大} \\ \text{减小} \end{matrix}$

(2) 直观法：即直接应用“部分电路中 R 、 I 、 U 的关系”中的两个结论。

① 任一电阻 R 阻值增大，必引起该电阻中电流 I 的减小和该电阻两端电压 U 的增大。

② 任一电阻 R 阻值增大，必将引起与之并联的支路中电流 $I_{\text{并}}$ 的增大和与之串联的各电路电压 $U_{\text{串}}$ 的减小。

(3) 极限法：即因变阻器滑动引起电路变化的问题，可将变阻器的滑动端分别滑至两个极端去讨论。

(4) 特殊值法。对于某些双臂环路问题，可以采取代入特殊值去判定，从而找出结论。

【例 8】如图 2-11-9 所示，当滑动变阻器的滑动片 P 向上端移动时，判断电路中的电压表、电流表的示数如何变化？

【解析】先认清电表 A 测量 R_3 中的电流，电表 V_2 测量 R_2 和 R_3 并联的电压，电表 V_1 测量路端电压。再利用闭合电路欧姆定律判断主干上的一些物理量变化： P 向上滑， R_3 的有效电阻增大，外电阻 $R_{\text{外}}$ 增大，干路电流 I 减小，路端电压 U 增大，至此已判断出 V_1 示数增大。再进行分支上的分析：由 I 减小，知内电压 U' 和 R_1 的端电压 U_{R1} 减小，由 $U_{\text{外}}$ 增大知 R_2 和 R_3 并联的电压 U_2 增大——判断出 V_2 示数增大。由 U_2 增大和 R_3 有效电阻增大，无法确定 A 示数如何变化，这就要从另一条途径去分析：由 V_2 示数增大知通过 R_2 的电流 I_2 增大，而干路电流 I 减小，所以 R_3 中的电流减小，即 A 示数减小。

【例 9】如图 2-11-10 所示， R_1 和 R_2 阻值相同，电源内阻不计，当滑动变阻器 R_1 的滑动片 P 由 A 向 B 移动时，试分析电路中各电表示数的变化情况。

【解析】先去掉伏特表，短接安培表，可见该电路为一分压电路。

首先用程序法（极端法也行）判断：

当 P 由 A→B 时有 $R_{AP} \uparrow \rightarrow R_{\text{总}} \uparrow \rightarrow I_{\text{总}} \downarrow \rightarrow U_{\text{端}} \uparrow$

V_1 测的是 $U_{\text{端}}$ ，示数增大， A_3 测的是总电流 $I_{\text{总}}$ ，示数变小。

先假设 R_{AP} 不变，用直观法可判知：比较可得， A_2 示数减小， V_2 增大， V_3 减小，而 A_1 不能确定。

再利用特殊值法，令 $R_1 = R_2 = 2R$ ，则 P 位于 AB 两端点时，均有 $I_1 = E/2R$ ，当 P 位于 R_1 中点时，有 $I'_1 = 2E/5R$ （按串、并联特征计算），显然 $I'_1 < I_1$ ，所以 A_1 示数先减小后增大。

【例 10】在如图 2-11-11 所示的电路中，在滑动变阻器滑动片 P 由 a 滑到 b 的过程中，三只理想电压表示数变化的绝对值分别为 ΔU_1 、 ΔU_2 、 ΔU_3 ，则下列各组数据中可能出现的是（ ）

- A. $\Delta U_1 = 0$ 、 $\Delta U_2 = 2V$ 、 $\Delta U_3 = 2V$
- B. $\Delta U_1 = 1V$ 、 $\Delta U_2 = 2V$ 、 $\Delta U_3 = 3V$
- C. $\Delta U_1 = 3V$ 、 $\Delta U_2 = 1V$ 、 $\Delta U_3 = 2V$
- D. $\Delta U_1 = 1V$ 、 $\Delta U_2 = 1V$ 、 $\Delta U_3 = 2V$

【解析】在闭合回路中，内、外电路电压降之和等于电源的电动势。在滑动变阻器的滑动片 P 由 a 滑到 b 的过程中，滑动变阻器连入电路中的电阻在减小，它的分压作用在减小，也就是电压表 V_3 的示数要减小。由于滑动变阻器连入电路中的电阻在减小，由闭合电路的欧姆定律可知电路的总电流是增大的，电压表 V_2 的示数是增大的。电压表 V_1 测量的是电源的路端电压 U ，由 $U = E - Ir$ 式可知，电压表 V_1 的示数变化反映了内电路上电压的变化值，且它们大小相等，符号相反（路端电压是减小的，但是内电路上的电压降 U' 是增大的）。由 $E = U + U'$ 可知，由于电源的电动势 E 不变，在闭合回路中，电压的变化量之和就为零，也可以说是电压减小的值与电压增大值之和相等，即 $\Delta U_1 + \Delta U_2 = \Delta U_3$ ，根据此式可以排除 C 选项，对于 A 选项，由于 ΔU_1 是反映电源内电路上的电压降的变化，电源有内阻， $\Delta U_1 = 0$ 显然是错误的，所以只有 B 和 D 选项是正确的。

【答案】BD

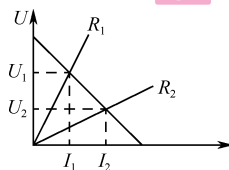


图 2-11-7

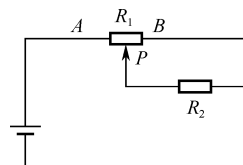


图 2-11-8

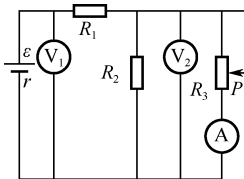


图 2-11-9

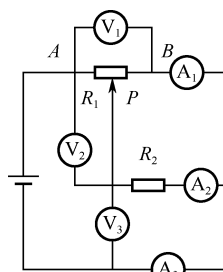


图 2-11-10

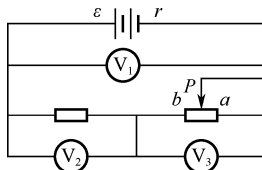


图 2-11-11

6. 电路故障分析

电路故障一般是短路或断路,常见的情况有导线断芯,灯泡断丝,灯座短路,电阻器内部断路,接触不良等现象。检查故障的基本方法有两种:(1)用电压表检查;(2)假设法:如果电路发生某种故障,寻求故障发生在何处时,可将整个电路划分为若干部分;然后逐一假设某部分电路发生故障,运用电路定律进行正向推理,推理结果若与题述物理现象不符合,则故障不是发生在这部分电路;若推理结果与题述物理现象符合,则故障可能发生在这部分电路,直到找出发生故障的全部可能为止,亦称排除法。

【例 11】如图 2-11-12 所示的电路中,灯泡 A 和 B 原来都是正常发光。忽然灯泡 B 比原来变暗了些,而灯泡 A 比原来变亮了些,试判断电路中什么地方出现断路的故障?(设只有一处出现了故障)

【解析】依题意,整个电路只有一处发生了断路,下面分别对不同区域进行讨论:

(1)若 R_1 断路。电路中总电阻变大,电流变小,路端电压升高。A、B 两灯均变亮。不合题意。

(2)若 R_3 断路。B 灯与 R_3 并联,该段电路中电阻变大,电压升高,B 中的电流增大,B 灯变亮,不合题意。

(3)若 R_2 断路,A 灯与 R_2 并联,这段电路中电阻变大,使总电阻变大,总电流变小,各部分电压降变小,A 灯两端电压升高,A 中电流增大,A 灯变亮;因 B 灯两端电压减小,B 灯中电流变小,B 灯变暗,与题中条件相符。

(4)A 灯、B 灯所在支路或其他部分发生断路,则两灯均不会发光,不合题意,故应是 R_2 断路。

7. 电路中的能量关系的处理

要搞清以下概念:

(1)电源的功率。电源消耗的功率、化学能转变为电能的功率、整个电路消耗的功率都是指 EI 或 $I^2(R_{\text{外}} + r)$

(2)电源的输出功率、外电路消耗的功率都是指 IU 或 $IE - I^2r$ 或 $I^2R_{\text{外}}$

(3)电源内阻消耗的功率: I^2r

(4)整个电路中 $P_{\text{电源}} = P_{\text{外}} + P_{\text{内}}$

【例 12】电源输出功率和效率的讨论。

【解析】电源的输出功率为

$$P_{\text{出}} = I^2 R = \frac{E^2}{(R+r)^2} R = \frac{E^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr} = \frac{E^2}{(R-r)^2/R + 4r}$$

当 $R=r$ 时, $P_{\text{出}}$ 有最大值即 $P_{\text{m}} = \frac{E^2}{4r}$ 。 $P_{\text{出}}$ 与外电阻 R 的这种函数关系可用如图 2-11-13 的图像定性表示。由图像还可知,对应于电源的非最大输出功率 P 可以有两个不同的外电阻 R_1 和 R_2 ,由图像还可知:当 $R < r$ 时,若 R 增加,则 $P_{\text{出}}$ 增大;当 $R > r$ 时,若 R 增大,则 $P_{\text{出}}$ 减小。值得注意的是,上面的结论都是在电源的电动势 E 和内电阻 r 不变的情况下适用。

由上述分析可知,在研究电阻 R 上消耗的最大功率时,应注意区分“可变与定值”这两种情况,两种情况中求解的思路和方法是不相同的。

电源的效率 $\eta = \frac{I^2 R}{I^2 (R+r)} = \frac{R}{(R+r)} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}$ 。所以当 R 增大时,效率 η 提高。当 $R=r$, 电

源有最大输出功率时,效率仅为 50%,效率并不高。

【例 13】将一个标有“24V、48W”的电灯接在电动势 $E=36\text{V}$ 、内阻 $r=2\Omega$ 的直流电源下使用,今有“ 2Ω 、50W”的定值电阻 R 若干只可供选用,请设计两种简单电路使电灯正常发光:

(1)如图 2-11-14 所示,定值电阻与电灯串联做分压电阻使用。

(2)如图 2-11-15 所示,定值电阻与电灯并联做分流电阻使用。(写出设计根据要点,画出电路图)

(3)在你设计的两种电路中,哪种方法较好? 说明理由。

【解析】电灯额定电流 $I_0 = P_0/U_0 = 2\text{A}$, 电阻 $R_0 = U_0^2/P_0 = 12\Omega$ 。定值电阻 R 的额定电流 $I = \sqrt{P/R} = 5\text{A}$ 。

(1) $R_{\text{总}} = E/I_0 = 36/2 = 18\Omega$,

$R_{\text{串}} = R_{\text{总}} - R_0 - r = 18 - 12 - 2 = 4\Omega = 2R$

(2) $I_{\text{总}} = \frac{E - U_0}{r} = \frac{36 - 24}{2} = 6\text{A}$, $R_{\text{并}} = \frac{U_0}{I_{\text{总}} - I_0} = \frac{24}{6 - 2} = 6\Omega = 3R$

(3)第 1 种方法:电源消耗总功率 $P_1 = I_1 E = 2 \times 36 = 72\text{W}$

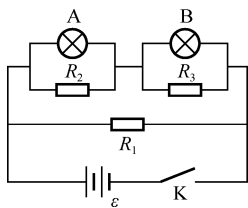


图 2-11-12

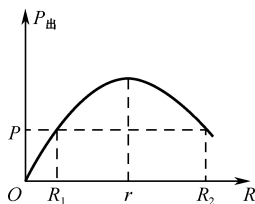


图 2-11-13

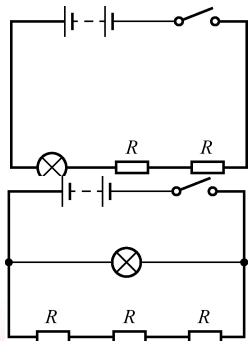


图 2-11-15

效率 $\eta_1 = P_0/P_1 = 48/72 = 67\%$ 。

第2种方法:电源消耗总功率 $P_2 = I_{\text{总}}E = 6 \times 36 = 216\text{W}$, 效率 $\eta_2 = P_0/P_2 = 48/216 = 22\%$ 。

第1种方法好:节能,效率高

【例14】如图2-11-16所示;电源的电动势为50V,电源内阻为1.0Ω,定值电阻R为14Ω,M为直流电动机,电枢电阻 r' 为2.0Ω。电动机正常运转时,伏特表的读数为35V。求在100s的时间内电源做的功和电动机上转化为机械能的部分是多少。

【解析】由题设条件知 r 和 R 上的电压降之和为 $(E-U)$,所以电路中的电流为 $I = \frac{E-U}{R+r} =$

$$\frac{50-35}{14+1} = 1.0\text{A}$$

所以在100s内电源做的功为

$$W_E = EIt = 50 \times 1 \times 100 \text{ J} = 5.0 \times 10^3 \text{ J}。$$

在100s内电动机上把电能转化为机械能的部分是

$$\Delta E = IUt - I^2 r' t = (1.0 \times 35 \times 100 - 1^2 \times 2 \times 100) \text{ J} = 3.3 \times 10^3 \text{ J}$$

8. 含电容器电路的分析与计算

电容器是一个储存电能的元件。在直流电路中,当电容器充放电时,电路里有充放电电流,一旦电路达到稳定状态,电容器在电路中就相当于一个阻值无限大(只考虑电容器是理想的不漏电的情况)的元件,在电容器处的电路看做是断路,简化电路时可去掉它,简化后若要求电容器所带电荷量时,可在相应的位置补上。分析和计算含有电容器的直流电路时,需注意以下几点:

(1)电路稳定后,由于电容器所在支路无电流通过。所以在此支路中的电阻上无电压降,因此电容器两极间的电压就等于该支路两端的电压。

(2)当电容器和用电器并联后接入电路时,电容器两极间的电压与其并联用电器两端的电压相等。

(3)电路的电流、电压变化时,将会引起电容器的充(放)电。如果电容器两端电压升高,电容器将充电;如果电压降低,电容器将通过与它并联的电路放电。电容器两根引线上的电流方向总是相同的,所以要根据正极板电荷变化情况来判断电流方向。

(4)如果变化前后极板带电的电性相同,那么通过每根引线的电荷量等于始末状态电容器电荷量的差;如果变化前后极板带电的电性改变,那么通过每根引线的电荷量等于始末状态电容器电荷量之和。

【例15】如图2-11-17所示电路中,电源内阻不计。为使电容器的带电量增大,可采取以下哪些方法()

- A. 增大 R_1 B. 增大 R_2 C. 增大 R_3 D. 减小 R_1

【解析】由于在直流电路中稳定后电容器相当于断路,因此 R_3 上无电流,电容器相当于和 R_2 并联。为使电容器的带电量增大,根据 $Q = CU$,应增大电容器 C 两端的电压。分析电路中的电压分配。只有增大 R_2 或减小 R_1 才能增大 R_2 两端的电压(即电容器 C 两端的电压),从而增大电容器 C 的带电量。改变 R_3 不能改变电容器的带电量。正确答案为BD。

【答案】BD

【例16】如图2-11-18所示, $E = 10\text{V}$, $r = 1\Omega$, $R_1 = R_3 = 5\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $C = 100\mu\text{F}$ 。当S断开时,电容器中带电粒子恰好处于静止状态。求:

(1)S闭合后,带电粒子加速度的大小和方向;

(2)S闭合后流过 R_3 的总电荷量。

【解析】(1)开始带电粒子恰好处于静止状态,必有 $qE = mg$ 且 qE 竖直向上。S闭合后, $qE = mg$ 的平衡关系被打破。

S断开,带电粒子恰好处于静止状态,设电容器两极板间距离为 d ,有

$$U_C = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + r} E = 4\text{V}$$

$$qU_C/d = mg$$

S闭合后,

$$U'_C = \frac{R_2}{R_2 + r} E = 8\text{V}$$

设带电粒子加速度为 a ,则 $qU'_C/d - mg = ma$,解得 $a = g$,方向竖直向上。

(2)S闭合后,流过 R_3 的总电荷量等于电容器上电荷的增加量,所以 $\Delta Q = C(U'_C - U_C) = 4 \times 10^{-4} \text{ C}$ 。

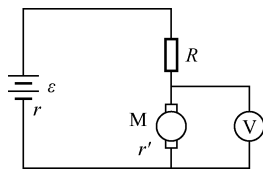


图 2-11-16

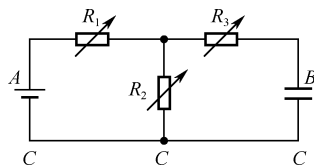


图 2-11-17

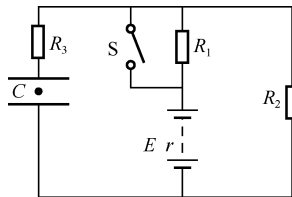


图 2-11-18

第三章 磁 场

第一节 磁现象和磁场

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 磁现象及磁场的概念 2. 电流的磁效应,地磁两极与地球两极的关系	1. 了解我国古代磁现象方面的研究成果及其对人类文明的影响 2. 知道磁场的概念,明确磁体之间、磁体与电流之间、电流与电流之间的相互作用是通过磁场发生的 3. 知道地磁两极与地球两极的关系	II

二、知识解析

1. 磁场

(1) 定义:磁体或电流周围存在一种特殊物质,能够传递磁体与磁体之间、磁体与电流之间、电流与电流之间的相互作用,这种特殊的物质叫磁场。

(2) 磁场的基本性质:对放入其中的磁极或通电导线产生力的作用。

(3) 磁场的产生:永磁体周围存在着磁场;电流周围存在着磁场——电流的磁效应(1820年丹麦物理学家奥斯特首先发现)。

说明:所有的磁作用都是通过磁场发生的,磁场和电场一样,都是场物质。磁场是磁体、电流和运动电荷周围存在的一种特殊物质,是一种客观存在的物质。

2. 电流的磁场

(1) 电流对小磁针的作用。

1820年,丹麦物理学家奥斯特发现:导线通电后,其下方与导线平行的小磁针发生偏转,如图3-1-1所示。

(2) 磁铁对通电导线的作用。

如图3-1-2所示,磁铁对通电导体棒产生力的作用,使导体棒运动。

(3) 电流和电流之间的相互作用。

如图3-1-3所示,互相平行且距离很近的两根导线,当导线中分别通入方向相同或相反的电流时,观察到的现象:同向电流相吸,异向电流相斥。

磁体和磁体之间、电流和磁体之间、电流和电流之间的相互作用都是通过磁场来传递的,所以电流具有磁效应。

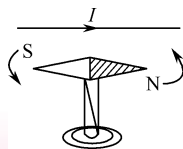


图 3-1-1

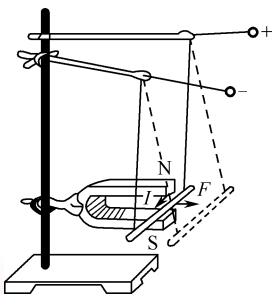


图 3-1-2

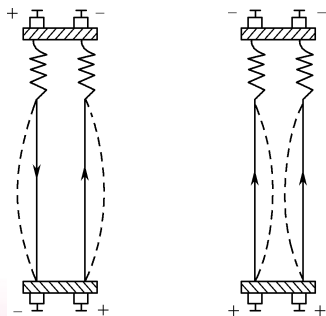


图 3-1-3

三、全能突破

基础演练

- 一根软铁棒放在磁铁附近会被磁化,这是因为在外磁场的作用下()
 - 软铁棒中产生了分子电流
 - 软铁棒中分子电流消失了
 - 软铁棒中分子电流的取向变得杂乱无章
 - 软铁棒中分子电流的取向变得大致相同
- 地球是一个大磁体,地磁场的存在对地球的影响是巨大的,下列有关地磁场的相关说法中,正确的是()
 - 在地面上放置一枚小磁针,在没有其他磁场的影响下,静止小磁针的南极指向地磁场的南极
 - 地磁场的北极在地理的南极附近
 - 北半球地磁场的方向相对地面总是垂直向下的
 - 地球上任何地方的地磁场方向都是和地面平行的
- 在奥斯特电流磁效应的实验中,通电直导线应该()
 - 平行南北方向,在小磁针正上方
 - 平行东西方向,在小磁针正上方
 - 平行东南方向,在小磁针正上方
 - 平行西南方向,在小磁针正上方
- 地球是一个磁体,它的磁极分布情况和一个磁场分布相似,以下说法中正确的是()
 - 地磁场的方向是大致沿地球上经线方向
 - 地磁场的方向是与地面平行的
 - 地磁场的方向是由北向南的
 - 在地磁场南极的上空,地磁场的方向是竖直向上的
- 以下四种器材中,不能用来指南的是()

A.



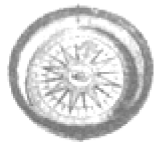
司南

B.



小磁针

C.



罗盘

D.

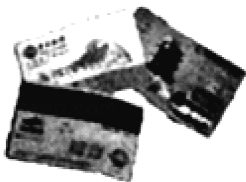


验电器

能力提升

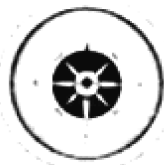
- 下列四幅图表示的工具或装置,利用地磁场工作的是()

A.



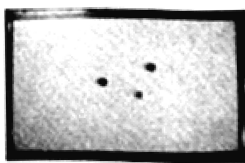
磁卡

B.



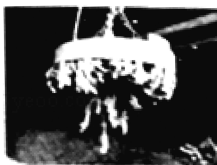
指南针

C.



磁性黑板

D.



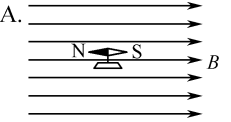
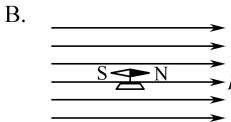
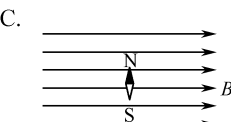
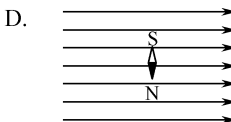
电磁起重机

- 下列装置中,没有用到电磁铁的是()
 - 电磁起重机
 - 门铃
 - 电磁继电器
 - 电热毯
- 下列关于磁场的说法中,正确的是()
 - 磁场和电场一样,是客观存在的特殊物质
 - 磁场是为了解释磁极间的相互作用而人为引入的
 - 磁极与磁极之间需接触才能发生作用
 - 磁场只有在磁极与磁极、磁极与电流发生作用时才产生
- 一个条形磁铁从中间断开后,每一段磁铁的磁极个数是()
 - 一个
 - 四个
 - 没有
 - 两个
- 人们早在公元前 6、7 世纪就发现了磁石吸铁、磁石指南等现象,如图 3-1-4 所示是最早的指南仪器——司南,形似勺子,勺柄是其磁体南极,则司南静止时,勺柄所指的方向是()



图 3-1-4

- 东方
 - 北方
 - 西方
 - 南方
- 我国古代“四大发明”中,涉及电磁现象应用的发明是()
 - 火药
 - 造纸术
 - 印刷术
 - 指南针
 - 以下()地方不存在磁场
 - 磁铁内部
 - 磁铁周围空间
 - 一束电子射线周围的空间

- D. 静止的带电体周围的空间
13. 指南针是中国古代四大发明之一,它指南北是因为()
- A. 同名磁极互相吸引
B. 异名磁极互相排斥
C. 地磁场对指南针的作用
D. 指南针能吸引铁、钴、镍等物质
14. 下列物质不能被磁铁吸引的是()
- A. 铁 B. 钴 C. 镍 D. 铝
15. 关于磁极间相互作用,下列说法正确的是()
- A. 同名磁极相吸引
B. 异名磁极相排斥
C. 同名磁极相排斥,异名磁极相吸引
D. 无法判断,视具体情况而定
16. 如图 3-1-5 所示,当导线中有电流通过时,小磁针会发生偏转,首先观察到这个实验现象的物理学家是()
- A. 牛顿
B. 伽利略
C. 奥斯特
D. 爱因斯坦
17. 物理实验都需要有一定的控制条件。奥斯特做电流磁效应实验时就应排除地磁场对实验的影响。下列关于奥斯特实验的说法中正确的是()
- A. 该实验必须在地球赤道上进行
B. 通电直导线必须竖直放置
C. 通电直导线应该水平东西方向放置
D. 通电直导线可以水平南北方向放置
18. 小磁针放置在匀强磁场中,小磁针静止时的指向正确的是()
- A.  B. 
- C.  D. 
19. 磁性水雷是用一个可以绕轴转动的小磁针来控制起爆电路的,军舰被地磁场磁化后就变成了一个浮动的磁体,当军舰接近磁性水雷时,就会引起水雷的爆炸,如图 3-1-6 所示。其依据是()
- A. 磁体的吸铁性
B. 磁极间的相互作用规律
C. 电荷间的相互作用规律
D. 磁场具有方向性

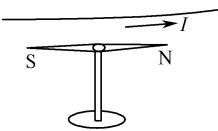


图 3-1-5

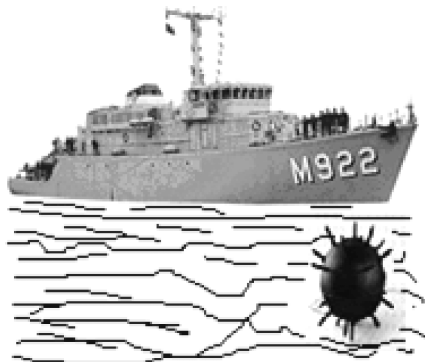


图 3-1-6

20. 王爷爷退休后迷上了信鸽比赛,他饲养的信鸽小雪通体雪白,血统优秀,多次在“放飞——返回”比赛中获第一名。不知道让多少人羡慕!王爷爷也很得意,为奖励小雪,王爷爷给它戴上一个非常漂亮的磁性头套。这样做对小雪在比赛中将()
- A. 不会影响它的导航
B. 不利于它的导航
C. 有助于它的导航
D. 不能确定是否会最影响它的导航
21. 放飞的信鸽一般都能回到家中,不会迷失方向,这是因为()
- A. 信鸽对地形地貌有极强的记忆力
B. 信鸽能发射并接收某种超声波
C. 信鸽能发射并接收某种次声波
D. 信鸽体内有某种磁性物质,它能借助地磁场辨别方向
22. 下列物品中不需要用到磁性材料的是()
- A. 录像带 B. 计算机上的磁盘
C. 银行的信用卡 D. 喝水用的搪瓷杯
23. 应用软磁性材料制造的物体是()
- A. 银行卡 B. 永久磁铁
C. 电磁铁的铁芯 D. 计算机磁盘
24. 沈括在《梦溪笔谈》中记载磁针的“常微偏东,不全南也”是指的哪种现象()
- A. 磁生电 B. 潮汐现象
C. 磁偏角 D. 电磁感应
25. 磁力玻璃擦是目前很时尚的玻璃清洁器,其原理是利用异性磁极的吸引作用可使外面的一片跟着里面的一片运动,旧式磁力玻璃擦在使用时由于相对移动会导致前后两面的同性磁极间距较小,由于同性磁极相互排斥作用很容易脱落,其内部 N、S 磁极分布如图 3-1-7 甲所示。经过改进后,新式磁力玻璃擦其内部的 N、S 磁极分布如图乙所示,使用时两片不易脱落,关于两种磁力玻璃擦脱落的主要原因,下列说法中正确的是()
- A. 甲图中前后面的同性磁极间距较小,同性磁极相互斥力大,容易脱落
B. 甲图中前后面的异性磁极间距较小,异性磁极相互引力大,不容易脱落

- C. 乙图中前后面的同性磁极间距较大,同性磁极相互斥力小,不容易脱落
- D. 乙图中前后面的异性磁极间距较大,异性磁极相互引力小,容易脱落

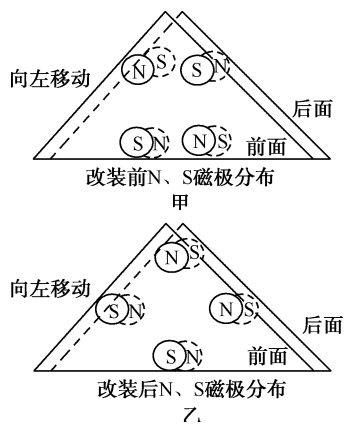


图 3-1-7

高考链接

26. (2009 年广东)发现通电导线周围存在磁场的科学家是 ()
- A. 洛伦兹 B. 安培
- C. 法拉第 D. 奥斯特

第二节 磁感应强度

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 磁感应强度的定义 2. 磁感应强度强弱和方向	知道磁场的强弱用磁感应强度表示 知道磁感应强度的方向规定 理解磁感应强度大小的定义式,进一步理解磁感应强度的概念	II

二、知识解析

磁感应强度

(1) 磁场的最基本的性质是对放入的电流有磁场力的作用,电流垂直于磁场时受磁场力最大,电流与磁场方向平行时,磁场力为零。

(2) 在磁场中垂直于磁场方向的通电导线,所受的安培力 F 跟电流 I 和导线长度 L 的乘积 IL 的比值叫做磁感应强度,即 $B = \frac{F}{IL}$ 。

① 磁感应强度是矢量,其方向是小磁针静止时 N 极的指向,不是磁场中电流所受磁场力的方向。

② 磁感应强度 B 是由磁场自身性质决定的,与磁场中是否存在电流即与 IL 乘积大小无关。

③ 在国际单位制中,磁感应强度的单位是特斯拉 (T)。1T = 1N/(A · m)

(3) 匀强磁场:磁感应强度的大小和方向处处相等,那么这个区域里的磁场叫做匀强磁场。

(4) 磁场的叠加:空间如果同时存在两个以上的电流或磁体在该点激发的磁场,某点的磁感应强度 B 是各电流或磁体在该点激发的磁场的磁感应强度的矢量之和,且满足平行四边形定则。

三、全能突破

基础演练

1. 在研究电场和磁场时,用公式 $E = \frac{F}{q}$ 定义电场强度,用

公式 $B = \frac{F}{IL}$ 定义磁感应强度,则下列说法正确的是()

A. $E = \frac{F}{q}$ 中, q 为产生该电场的电荷

B. $E = \frac{F}{q}$ 只适用于点电荷产生的电场

C. $B = \frac{F}{IL}$ 表明磁感应强度 B 与电流 I 的大小成反比

D. $B = \frac{F}{IL}$ 中磁感应强度 B 与电流 I 、导线长度 L 均无关

2. 一根长 2m 的直导线,通有 1A 的电流,把它放在匀强磁场中,并与磁场方向垂直,导线所受的安培力为 0.4N,则匀强磁场大小为()

A. 0T B. 0.2T C. 0.4T D. 0.8T

3. 在一根长为 0.2m 的直导线中通入 2A 的电流,将导线放

在匀强磁场中,受到的安培力为 0.2N,则匀强磁场的磁感应强度的大小可能是()

A. 0.8T B. 0.4T C. 0.2T D. 0.1T

4. 在大小和方向不变的磁场中,有一根长 2m 的通电导线,导线中的电流为 6A,这条导线与磁场方向垂直时,所受的磁场力为 0.012N,则磁感应强度的大小为()

A. 0.144T B. 0.001T C. 0.004T D. 0.036T

5. 对于磁感应强度,下列说法正确的是()

A. 由 $B = \frac{F}{IL}$ 知,磁感应强度大小与通电直导线所受磁场力大小成正比

B. 一段通电直导线不受磁场力的地方,磁感应强度不一定为零

C. 磁感应强度为零的地方,通电直导线受磁场力不一定为零

D. 磁铁是产生磁场的唯一来源,且磁极附近磁感应强度较大

6. 磁场中某点的磁感应强度的方向是()

A. 该点的磁场方向

- B. 该点小磁针的转动方向
 C. 该点小磁针的受力方向
 D. 该点小磁针静止时北极所指方向
7. 关于磁场、磁感应强度和磁感线的描述,下列叙述正确的是()
 A. 磁感线可以形象地描述磁场的强弱和方向,在磁场中是客观存在的
 B. 磁极间的相互作用是通过磁场发生的
 C. 磁感线总是从磁体的 N 极指向 S 极
 D. 不论通电导体在磁场中如何放置,都能够检测磁场的存在

能力提升

8. 有两根长直导线 a 、 b 互相平行放置,如图 3-2-1 所示为垂直于导线的截面图。在如图所示的平面内, O 点为两根导线连线的中点, M 、 N 为两导线连线的中垂线上的两点,与 O 点的距离相等, aM 与 MN 夹角为 θ 。若两导线中通有大小相等、方向相同的恒定电流 I ,单根导线中的电流在 M 处产生的磁感应强度为 B_0 ,则关于线段 MN 上各点的磁感应强度,下列说法中正确的是()

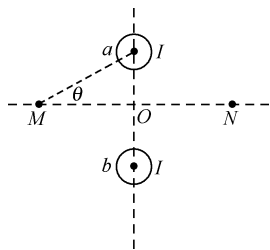


图 3-2-1

- A. M 点和 N 点的磁感应强度方向一定相反
 B. M 点和 N 点的磁感应强度大小均为 $2B_0 \cos \theta$
 C. M 点和 N 点的磁感应强度大小均为 $2B_0 \sin \theta$
 D. 在线段 MN 上各点的磁感应强度都不可能为零
9. 关于磁感应强度的说法,正确的是()
 A. 在磁场中磁感线越密集的地方磁感应强度越大
 B. 由 $B = F/IL$ 可知, B 与 F 成正比,与 IL 成反比
 C. 通电导线在磁场中某点不受磁场力作用,则该点磁感应强度一定为零
 D. 磁场中某点的磁感应强度的方向,跟该点处通电导线所受磁场力方向一致
10. 对磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$ 的理解,下列说法正确的是()
 A. 磁感应强度 B 跟磁场力 F 成正比,跟电流 I 和导线长度 L 的乘积成反比
 B. 公式表明,磁感应强度 B 的方向与通电导体磁场力 F 的方向相同
 C. 磁感应强度 B 是由磁场本身决定的,不随 F 、 I 及 L 的变化而变化
 D. 如果通电导体在磁场中某处受到的磁场力 F 等于 0,则该处的磁感应强度也等于 0

11. 下列单位中与磁感应强度的单位一致的有()
 A. $N/(A \cdot m)$
 B. $N/(C \cdot S)$
 C. $N/(C \cdot m)$
 D. $V \cdot S/m^2$
12. 关于磁感应强度的单位 T,下列说法正确的有()
 A. $1T = 1Wb/m^2$
 B. $1T = 1Wb \cdot m$
 C. $1T = 1N \cdot s/(C \cdot m)$
 D. $1T = 1N/(A \cdot m)$
13. 关于磁感应强度的单位,下列等式中单位是正确的()
 A. $1T = 1kg \cdot A/s^2$
 B. $1T = 1kg/(A \cdot s^2)$
 C. $1T = 1A/(kg \cdot s)$
 D. $1T = 1A \cdot s^2/kg$
14. 两个完全相同的通电圆环 A 、 B 圆心 O 重合、圆面相互垂直地放置,通电电流相同,电流方向如图 3-2-2 所示,设每个圆环在其圆心 O 处独立产生的磁感应强度为 B_0 ,则 O 处的磁感应强度大小为()

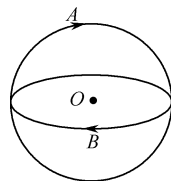


图 3-2-2

- A. 0
 B. $\sqrt{2}B_0$
 C. $\sqrt{3}B_0$
 D. $2B_0$
15. 下列单位符号中不能表示磁感应强度单位的是()
 A. $\frac{N}{C}$
 B. $\frac{N}{Am}$
 C. $\frac{N}{C \cdot m/s}$
 D. $\frac{Wb}{m^2}$
16. 下列四种磁感线中, P 点磁感应强度小于 Q 点磁感应强度的是()
 A.
 B.
 C.
 D.
17. 如图 3-2-3 所示,两根平行放置、长度均为 L 的直导线 a 和 b ,放置在与导线所在平面垂直的匀强磁场中,当 a 导线通有电流为 I , b 导线通有电流为 $2I$,且电流方向相反时, a 导线受到磁场力大小为 F_1 , b 导线受到的磁场力大小为 F_2 ,则 a 通电导线的电流在 b 导线处产生的磁感应强度大小为()

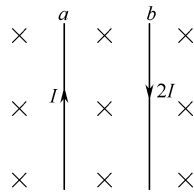


图 3-2-3

- A. $\frac{F_2}{2IL}$
 B. $\frac{F_1}{IL}$

C. $\frac{2F_1 - F_2}{2IL}$

D. $\frac{2F_1 - F_2}{IL}$

18. 某兴趣小组为探究测定电流产生磁场的磁感应强度的方法,在实验精度要求不高的情况下,设计了如下实验:在一根南北方向放置的直导线的正下方 A 处放一个罗盘。导线没有通电时罗盘的指针(小磁针的 N 极)指向北方;当给导线通入电流时,发现罗盘的指针偏转一定角度,根据偏转角度即可测定电流磁场的磁感应强度。现已知此地的地磁场水平分量 $B = 5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$,通电后罗盘指针停在北偏东 60° 的位置,如图 3-2-4 所示。由此得出该通电直导线在 A 处产生磁场的磁感应强度大小为()

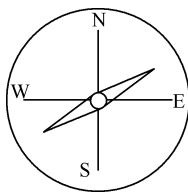


图 3-2-4

A. $5.0 \times 10^{-5} \text{ T}$

B. $1.0 \times 10^{-4} \text{ T}$

C. $8.66 \times 10^{-5} \text{ T}$

D. $7.07 \times 10^{-5} \text{ T}$

高考链接

19. (2007 上海卷)取两个完全相同的长导线,用其中一根绕成如图 3-2-5(a) 所示的螺线管,当该螺线管中通以电流 I 时,测得螺线管内中部的磁感应强度大小为 B ,若将另一根长导线对折后绕成如图(b)所示的螺线管,并也通以电流 I 时,则在螺线管内中部的磁感应强度大小为()

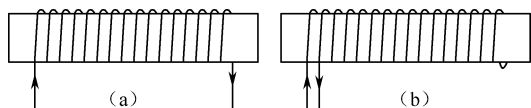


图 3-2-5

A. 0

B. $0.5B$

C. B

D. $2B$

巅峰突破

20. 已知无限长通电直导线周围某一点的磁感应强度 B 的表达式: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$, 其中 r_0 是该点到通电直导线的距离, I 为电流, μ_0 为比例系数(单位为 N/A^2), 则根据上式可以推断, 若一个通电圆线圈半径为 R , 电流为 I , 其轴线上距圆心 O 点距离为 r_0 的某一点的磁感应强度 B 的表达式应为()

A. $B = \frac{r_0^2 I}{2(R^2 + r_0^2)^{\frac{3}{2}}}$

B. $B = \frac{\mu_0 RI}{2(R^2 + r_0^2)^{\frac{3}{2}}}$

C. $B = \frac{\mu_0 R^2 I}{2(R^2 + r_0^2)^{\frac{3}{2}}}$

D. $B = \frac{\mu_0 r_0^2 I}{2(R^2 + r_0^2)^{\frac{3}{2}}}$

21. 已知圆形电流在过圆心的中心轴线上产生的磁感应强度为 $B = \frac{\mu I R^2}{2(R^2 + Z^2)^{\frac{3}{2}}}$, 其中 I 表示电流, R 表

示圆的半径, μ 是常数, Z 为中心轴线上任意一点到 O_1 或 O_2 的距离。现有两个圆形线圈, 如图 3-2-6 乙所示, 半径均为 R , 平行地共轴放置, 两圆心 O_1 、 O_2 相距为 a , 所载电流均为 I , 且电流方向相同, 以连线 O_1 、 O_2 的中点 O 为原点, 则轴线上坐标为 x 的任意一点 P 的磁感应强度大小的表达式为()

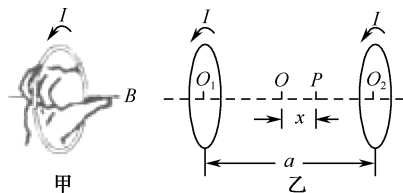


图 3-2-6

A. $B = \frac{\mu I R^2}{2} \left\{ \frac{1}{[R^2 + (a+x)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{[R^2 + (a-x)^2]^{\frac{3}{2}}} \right\}$

B. $B = \frac{\mu I R^2}{2} \left\{ \frac{1}{[R^2 + (\frac{a}{2} + x)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{[R^2 + (\frac{a}{2} - x)^2]^{\frac{3}{2}}} \right\}$

C. $B = \frac{\mu I R^2}{2} \left\{ \frac{1}{[R^2 + (\frac{a}{2} + x)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{[R^2 + (\frac{a}{2} - x)^2]^{\frac{3}{2}}} \right\}$

D. $B = \frac{\mu I R^2}{2} \left\{ \frac{x}{[R^2 + (\frac{a}{2} + x)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{x}{[R^2 + (\frac{a}{2} - x)^2]^{\frac{3}{2}}} \right\}$

第三节 几种常见的磁场

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 磁现象的电本质 2. 安培定则及几种常见的磁场 3. 磁通量 $\Phi = BS$	1. 知道磁现象的电本质,了解安培分子电流假说 2. 知道磁感线的定义,知道几种特殊磁场的磁感线分布,会用安培定则判定电流的磁场方向 3. 知道磁通量的概念,会应用公式 $\Phi = BS$ 进行相应的计算	II

二、知识解析

1. 磁感线:用来形象地描述磁场中各点的磁场方向和强弱的曲线

(1) 磁感线上每一点的切线方向就是这一点的磁场方向,也就是小磁针在该点静止时 N 极所指的方向。

磁感线的疏密表示磁场的强弱。磁感线是闭合曲线(和静电场的电场线不同)。

(2) 对磁感线的认识,应注意以下几点:

① 磁感线是为了研究磁场而人为假设的曲线,并不是客观存在于磁场中的真实曲线。

② 磁感线的疏密表示磁场的强弱。磁感线越密的地方磁场越强,磁感线越疏的地方磁场越弱。

③ 磁场对小磁针 N 极的作用力的方向叫做磁场的方向。由于磁感线上任何一点的方向跟该点的磁场方向一致,所以磁感线方向、磁场方向、小磁针静止时 N 极所指的方向,三者是一致的。

④ 磁感线不相交、也不能相切。

⑤ 没有画磁感线的地方,并不表示那里没有磁场存在,通过磁场中任何一点总能画出而且只能画出一条磁感线。

⑥ 磁场中任何一条磁感线都是闭合曲线。例如:条形磁铁或通电螺线管的磁感线在外部都是从 N 极出来进入 S 极;在内部由 S 极回到 N 极,形成闭合曲线。

(3) 地磁场。

地球的磁场与条形磁铁相似,主要特点有以下三点:

① 地磁场的 N 极在地理南极附近,S 极在地理北极附近,磁感线如图 3-3-1 所示。

② 地磁场 B 的水平分量(B_x)总是从地球的南极指向地球的北极,而竖直分量(B_y)则南北相反,在南半球垂直地面向上,在北半球垂直地面向下。

③ 在赤道平面上,距离地球表面相等的各点,磁感应强度相等,且方向水平向北。

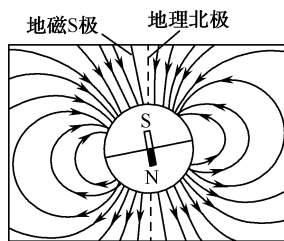


图 3-3-1

2. 安培定则

(1) 内容。

① 对于通电直导线,右手大拇指代表通电直导线的电流方向,弯曲的四指指向磁感线的环绕方向。

② 对于环形电流和通电螺线管,右手大拇指代表内部磁感线的方向,弯曲的四指指向电流的环绕方向。

(2) 作用:解决电流的方向与它所产生的磁场方向之间的关系。

(3) 举例说明见表 3-3-1。

表 3-3-1

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
特点	无磁极、非匀强且距导线越远处磁场越弱	与条形磁铁的磁场相似,管内为匀强磁场且磁场最强,管外为非匀强磁场	环形电流的两侧为 N 极和 S 极,且离圆环中心越远,磁场越弱

续表

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
立体图			
横截面图			
纵截面图			

3. 安培分子电流假说

磁铁和电流都能产生磁场。它们是否存在必要的联系,法国学者安培(1775—1836)从通电螺线管外部的磁场与条形磁铁的磁场相似得到启发,提出了著名的分子电流假说。他认为,在原子、分子等物质微粒的内部,存在着一种环形电流——分子电流。分子电流使每个物质微粒都成为微小的磁体,它的两侧相当于两个磁极(如图 3-3-2 所示)。

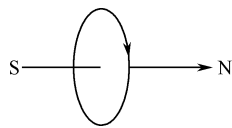


图 3-3-2

安培的假说能够解释一些磁现象。一条铁棒未被磁化的时候,内部分子电流的取向是杂乱无章的,它们的磁场互相抵消,对外不显磁性。当铁棒受到外界磁场的作用时,各分子电流的取向变得大致相同,铁棒被磁化,两端对外界显示出较强的磁作用,形成磁极。磁体受到高温或猛烈撞击时会失去磁性,这是因为激烈的热运动或机械振动使分子电流的取向又变得杂乱无章,如图 3-3-3 所示。

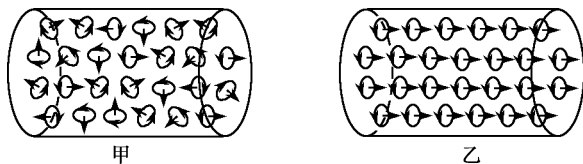


图 3-3-3

4. 磁通量

设在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,有一个与磁场方向垂直的平面,面积为 S ,我们把 B 与 S 的乘积叫做穿过这个面积的磁通量(如图 3-3-4 甲),简称磁通。用字母 Φ 表示磁通量,则 $\Phi = BS$ 。如果磁场 B 不与研究的平面垂直,如图乙中的 S ,那么我们用这个面在垂直于磁场 B 的方向的投影面积 S' 与 B 的乘积表示磁通量。在国际单位制中,磁通量的单位是韦伯,简称韦,符号是 Wb , $1\text{Wb} = 1\text{T} \cdot \text{m}^2$,从 $\Phi = BS$ 可以得出 $B = \frac{\Phi}{S}$,这表示磁感应强度等于穿过单位面积的磁通量,因此

工程技术人员常把磁感应强度叫做磁通密度,并且用 Wb/m^2 做单位。 $1\text{T} = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$

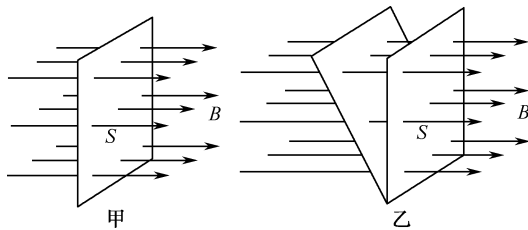


图 3-3-4

三、全能突破

基础演练

- 下列关于磁感线的说法,正确的是()
A. 磁感线是真实存在的
B. 实验中观察到的铁屑的分布就是磁感线
C. 磁感线的疏密反映了磁场的强弱
D. 磁感线自 N 极起,终止于 S 极
- 关于磁感线,下列说法中正确的是()
A. 磁感线是实际存在于磁场中的线
B. 磁感线是一条条不闭合的曲线
C. 磁感线有可能出现相交的情况
D. 磁感线上任意一点的切线方向,都跟该点的磁场方向一致
- 面积为 S 的正方形线框放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,当线框平面与磁场方向垂直时,穿过线框所围面积的磁通量为()
A. $\frac{B}{S}$ B. BS C. $\frac{S}{B}$ D. $\frac{1}{BS}$
- 物理量磁通量 Φ 的单位是()
A. Wb B. F C. T D. V
- 一个匝数为 n 、面积为 S 的闭合线圈置于水平面上,若线圈内的磁感应强度在时间 t 内由竖直向下从 B_1 减少到零,再反向增加到 B_2 ,则线圈内的磁通量的变化量 $\Delta\Phi$ 为()
A. $n(B_2 - B_1)S$ B. $n(B_2 + B_1)S$
C. $(B_2 - B_1)S$ D. $(B_2 + B_1)S$
- 根据如图 3-3-5 所示,下列说法中正确的是()

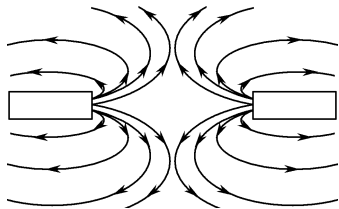


图 3-3-5

- 该图表示条形磁铁周围的磁感线分布
 - 该图表示两个同名磁极附近的磁感线分布
 - 该图表示两个异名磁极附近的磁感线分布
 - 以上说法都不对
- 关于磁现象的电本质,下列说法中正确的是()
A. 有磁必有电荷,有电荷必有磁
B. 一切磁现象都起源于电流或运动电荷,一切磁作用都是电流或运动电荷之间通过磁场而发生的相互作用
C. 除永久磁铁外,一切磁场都是由运动电荷或电流产生的
D. 根据安培的分子电流假说,在外界磁场作用下,物体内部分子电流取向大致相同时,物体就被磁化,两端形成磁极
 - 地球是一个巨大的磁体,地球表面附近的磁感线方向是()

- 沿经线方向,且由地理北极指向地理南极
- 沿经线方向,且由地理南极指向地理北极
- 与赤道平行,且由东向西
- 与赤道平行,且由西向东

能力提升

- 下列说法中不正确的是()
A. 一环形电流产生的磁场,环内的磁感线与环外的磁感线数目相等
B. 电流产生的磁场比磁体产生的磁场强
C. 磁感线在空间某处中断
D. 某处的磁感线疏密一样
- 最近国外科学家把一个条形磁铁置于长方形水槽的底部中央,磁感应强度达 4T ,结果水被推往水槽两壁直至露出水底的磁铁。该实验说明水分子()
A. 分子比较小
B. 是极性分子
C. 是非极性分子
D. 分子间作用力很弱
- 如图 3-3-6 甲所示,一面积为 S 的矩形导线框 $abcd$,在匀强磁场中,磁场的磁感应强度为 B ,方向与 ad 边垂直并与线框平面成 45° 角, o, o' 分别是 ab 和 cd 边的中点。现将线框右半边 $obco'$ 绕 oo' 逆时针旋转 90° 到图乙所示位置。下列判断正确的是()

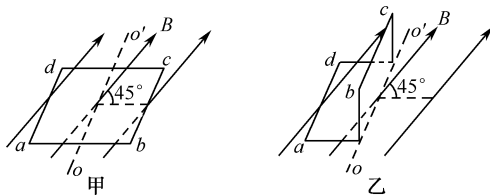


图 3-3-6

- 在图甲位置时线圈中的磁通量是 BS
 - 在图乙位置时线圈中的磁通量是 $\frac{\sqrt{2}}{2}BS$
 - 由图甲位置到图乙位置时线圈中的磁通量变化 $\frac{\sqrt{2}}{2}BS$
 - 由图甲位置到图乙位置时线圈中的磁通量变化 BS
- 如图 3-3-7 所示,条形磁铁竖直放置,一水平圆环从磁铁上方位置 I 向下运动,到达磁铁上端位置 II,套在磁铁上到达中部 III,再到磁铁下端位置 IV,再到下方 V,磁铁从 I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow V 过程中,穿过圆环的磁通量变化情况是()
A. 变大,变小,变大,变小
B. 变大,变大,变小,变小
C. 变大,不变,不变,变小
D. 变小,变小,变大,变大
 - 如图 3-3-8 所示,六根导线互相绝缘且十分接近,各导线中通过的电流均为 I ,方向如图所示,区域 I、II、III、

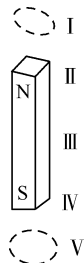


图 3-3-7

IV均为面积相等的正方形,则指向纸内的磁通量最大的区域是()

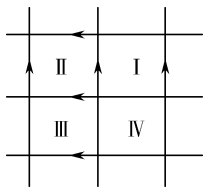


图 3-3-8

- A. I 区域
B. II 区域
C. III 区域
D. IV 区域
14. 如图 3-3-9 所示,套在条形磁铁外的三个线圈,其面积 $S_1 > S_2 = S_3$,且“3”线圈在磁铁的正中间。设各线圈中的磁通量依次为 Φ_1 、 Φ_2 、 Φ_3 则它们的大小关系是()

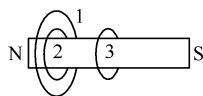
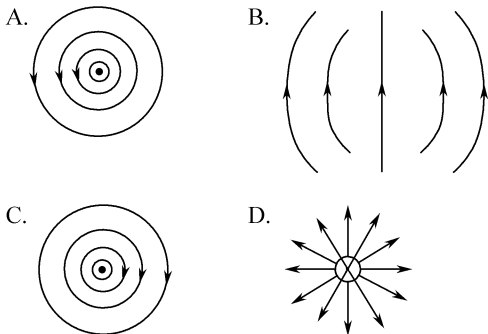


图 3-3-9

- A. $\Phi_1 > \Phi_2 > \Phi_3$
B. $\Phi_1 > \Phi_2 = \Phi_3$
C. $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$
D. $\Phi_1 < \Phi_2 = \Phi_3$

15. 下列图中能正确反映通电直导线形成的磁场的磁感线分布和方向的是()



16. 提出分子电流假说的科学家是()

A. 奥斯特
B. 安培
C. 法拉第
D. 麦克斯韦

17. 下列有关说法中,不正确的是()

A. 磁极与磁极,磁极与电流、电流与电流之间都是通过磁场发生相互作用
B. 磁场中某点的磁场方向与放在该点小磁针 N 极所受磁场力的方向相同
C. 磁感线分布较密的地方,磁感应强度较强
D. 穿过某平面的磁通量越大,则该处的磁感应强度一定越大

18. 如图 3-3-10 所示,匝数为 N 、半径为 r_1 的圆形线圈内有匀强磁场,匀强磁场在半径为 r_2 的圆形区域内,匀强磁场的磁感应强度 B 垂直于线圈平面。通过该线圈的磁通量为()

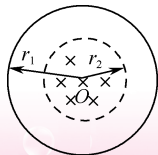


图 3-3-10

A. $B\pi r_1^2$

B. $B\pi r_2^2$

C. $NB\pi r_1^2$

D. $NB\pi r_2^2$

19. 如图 3-3-11 所示,一线圈放在通电螺线管的正中间 A 处,现向右移动到 B 处,则在移动过程中通过线圈的磁通量如何变化()

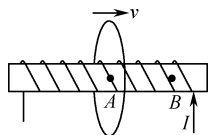


图 3-3-11

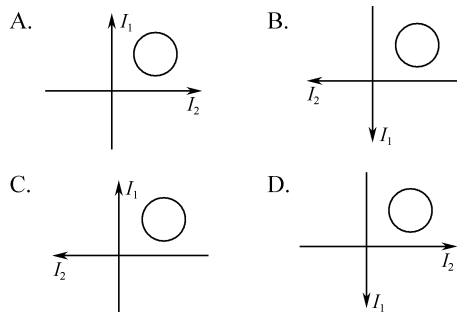
A. 变大

B. 变小

C. 不变

D. 无法确定

20. 彼此绝缘、相互垂直的两根通电直导线与闭合线圈共面,下图中穿过线圈的磁通量可能为零的是()



21. 将面积为 0.75m^2 的线圈放在匀强磁场中,线圈平面与磁感线垂直,已知穿过线圈平面的磁通量是 1.50Wb ,那么这个磁场的磁感应强度是()

A. 0.5T B. 1.125T C. 2.0T D. 2.25T

22. 如图 3-3-12 所示为某种用来束缚原子的磁场的磁感线分布情况,以 O 点(图中白点)为坐标原点。沿 Z 轴正方向磁感应强度 B 的大小变化情况最有可能是()

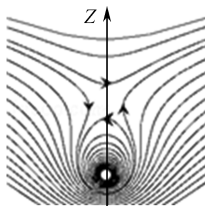
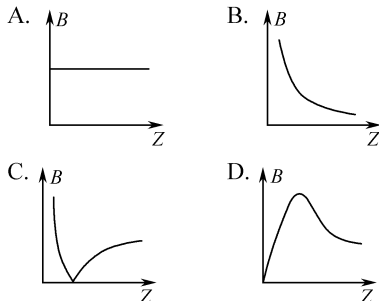
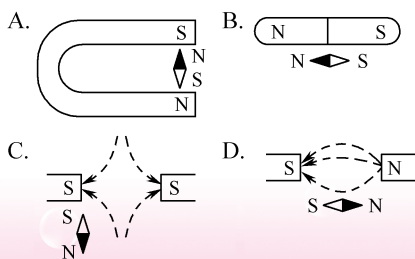


图 3-3-12



23. 下列图中,小磁针所指方向正确的是()



24. 在隧道工程以及矿山爆破作业中,部分未发火的炸药残留在爆炸孔内,很容易引起人身事故。为此,科学家制造了一种专门用于隧道工程以及矿山爆破作业的炸药——磁性炸药。在磁性炸药制造的过程中掺入 10% 的磁性材料——钡铁氧体,然后放入磁化机磁化。使用磁性炸药时,遇到不发火的情况可用磁性探测器探测出未发火的炸药。已知掺入的钡铁氧体的消磁温度约为 400°C ,炸药的爆炸温度约为 $2240 \sim 3100^{\circ}\text{C}$,一般炸药引爆温度最高为 140°C 左右,以上材料表明()

- ① 磁性材料在低温下容易被磁化
 ② 磁性材料在高温下容易被磁化
 ③ 磁性材料在低温下容易被消磁
 ④ 磁性材料在高温下容易被消磁

A. ①③ B. ②④ C. ①④ D. ②③

25. 如图 3-3-13 所示,两个同心圆形线圈 a 、 b 在同一平面内,其半径大小关系为 $r_a < r_b$,条形磁铁穿过圆心并与圆面垂直,则穿过两线圈的磁通量 Φ_a 、 Φ_b 间的大小关系为()

- A. $\Phi_a > \Phi_b$
 B. $\Phi_a = \Phi_b$
 C. $\Phi_a < \Phi_b$
 D. 条件不足,无法判断

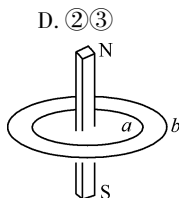
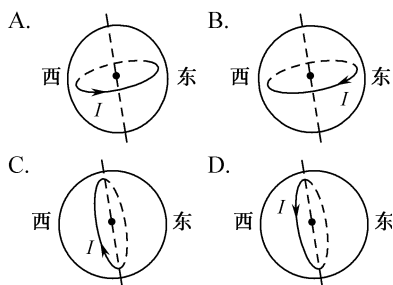


图 3-3-13

高考链接

26. (2011 年全国) 为了解释地球的磁性,19 世纪安培假设:地球的磁场是由绕过地心轴的环形电流 I 引起的。在下列四个图中,正确表示安培假设中环形电流方向的是()



27. (2013 · 上海) 如图 3-3-14 所示,足够长的直线 ab 靠近通电螺线管,与螺线管平行。用磁传感器测量 ab 上各点的磁感应强度 B ,在计算机屏幕上显示的大致图像是()

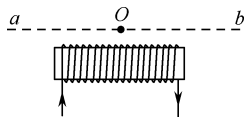
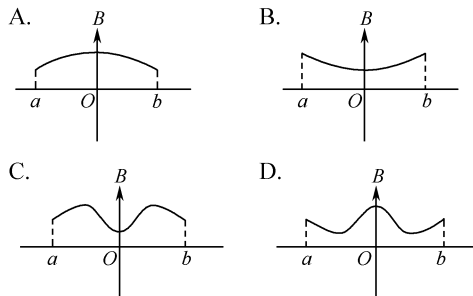


图 3-3-14



巅峰突破

28. 某同学在研究长直导线周围的磁场时,为增大电流,用多根导线捆在一起代替长直导线,不断改变多根导线中的总电流 I 和测试点与长直导线的距离 r ,测得表 3-3-2 所列数据:

表 3-3-2

I/A r/m B/T	5.0	10.0	20.0
0.020	4.98×10^{-5}	10.32×10^{-5}	19.73×10^{-5}
0.040	2.54×10^{-5}	5.12×10^{-5}	9.95×10^{-5}
0.060	1.63×10^{-5}	3.28×10^{-5}	6.72×10^{-5}
0.080	1.28×10^{-5}	2.57×10^{-5}	5.03×10^{-5}

由上述数据可得出磁感应强度 B 与电流 I 及距离 r 的关系式为 $B = \underline{\hspace{2cm}}$ (N/A^2)。(要求用估算出的比例系数表示)

第四节 通电导线在磁场中受到的力

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 安培力及左手定则 2. $F = BIL\sin\theta$	1. 知道安培力的概念,会用左手定则解决有关问题 2. 学会用公式 $F = BIL\sin\theta$ 及 $F = BIL$ 进行有关计算,了解磁电式仪表的构造及原理	II

二、知识解析

1. 磁场对电流的作用——安培力

(1) 大小计算。

① 当 B 、 I 、 L 两两垂直时, $F = BIL$ 。若 B 与 I 的夹角为 θ , 则 $F = BIL\sin\theta$ 。

② 弯曲导线的有效长度 L , 等于两端点所连线段的长度; 相应的电流方向, 沿 L 由始端流向末端。因为任意形状的闭合线圈, 其有效长度 $L = 0$, 所以闭合通电线圈在匀强磁场中, 受到安培力的矢量和一定为零。

如图 3-4-1 所示, 甲、乙、丙三段导线的形状和长度不等, 但两端点 a 、 b 之间的有效直线距离相等, 当通以相同的电流时, 在同样的磁场中安培力大小相等, 而丁图中导线圈闭合, 则其安培力合力为零。

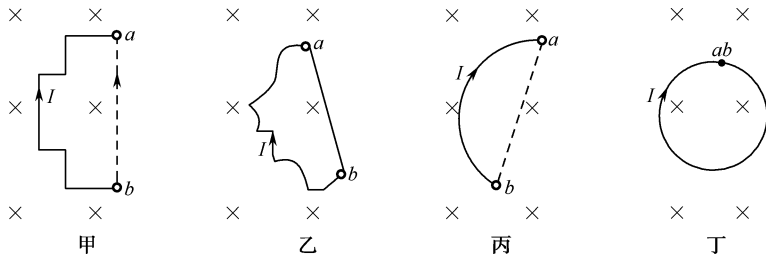


图 3-4-1

③ 公式的适用条件: 一般只适用于匀强磁场。

(2) 方向判断。

① 用左手定则判断: 伸出左手, 使大拇指跟其余四个手指垂直, 并且都跟手掌在同一个平面内, 把手放入磁场中, 让磁感线垂直穿入手心, 并使伸开的四指指向电流的方向, 那么大拇指所指的方向就是通电导体在磁场中受到的安培力的方向。

② 安培力的特点: $F \perp B$, $F \perp I$, 即 F 垂直于 B 和 I 所决定的平面。(注意: B 和 I 可以有任意夹角)

③ 同向电流相互吸引, 反向电流相互排斥。

2. 磁电式电流表

磁电式仪表最基本的组成部分是磁铁和放在磁铁两极之间的线圈。如图 3-4-2 乙所示是线圈在磁场中受力情况的示意图。当电流通过线圈时, 导线受到安培力的作用。由左手定则可以判定, 线圈左右两边所受的安培力的方向相反, 于是架在轴上的线圈就要转动。线圈转动时, 图甲中的螺旋弹簧变形, 反抗线圈的转动。电流越大, 安培力就越大, 螺旋弹簧的形变也就越大。所以, 从线圈偏转的角度就能判断通过电流的大小。

从图乙和图丙可以看出, 安培力总与磁感应强度的方向垂直。为了使电流表表盘的刻度均匀, 两磁极间装有极靴, 极靴中间又有一个铁质圆柱。这样, 极靴与圆柱间的磁场都沿半径方向, 线圈无论转到什么位置, 它的平面都跟磁感线平行(图丙), 表盘的刻度就均匀了。

线圈中的电流方向改变时, 安培力的方向随着改变, 指针的偏转方向也随着改变。所以, 根据指针的偏转方向, 可以知道被测电流的方向。磁电式仪表的优点是灵敏度高, 可以测出很弱的电流; 缺点是线圈的导线很细, 允许通过的电流很弱(几十微安到几毫安)。

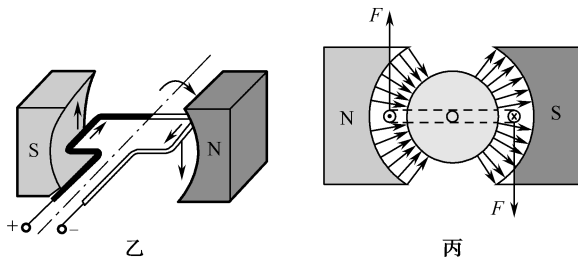
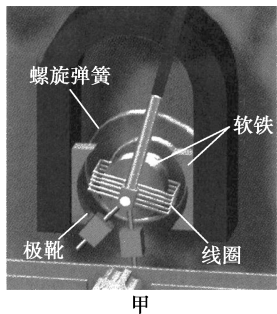


图 3-4-2

3. 磁力矩

(1) 通电线圈在磁场中的受力分析。

① 线圈平面与磁感线平行。

如图 3-4-3 所示, 矩形线圈的边 ab 、 cd 与转轴 OO' 平行, 与 B 垂直, 所受的安培力 $F_{ab} = F_{cd} = BIL_1$ ($L_1 = ab = cd$); 边 ad 、 bc 与磁感线平行, 不受安培力。

② 线圈平面与磁感线成夹角 θ 。

如图 3-4-4 所示, 矩形线圈的边 ab 、 cd 与磁场方向垂直, 所受的安培力 $F_{ab} = F_{cd} = BIL_1$; 边 ad 、 bc 与磁感线成夹角 θ , 所受的安培力 $F_{ad} = F_{bc} = BIL_2 \sin \theta$ ($L_2 = ad = bc$), 且 F_{ad} 垂直于纸面向外, F_{bc} 垂直于纸面向里。

③ 线圈平面与磁感线垂直。

如图 3-4-5 所示, 矩形线圈的边 ab 、 cd 与磁感线垂直, 所受的安培力 $F_{ab} = F_{cd} = BIL_1$; 边 ad 、 bc 也与磁感线垂直, 所受的安培力 $F_{ad} = F_{bc} = BIL_2$, 且 F_{ad} 垂直于纸面向外, F_{bc} 垂直于纸面向里。

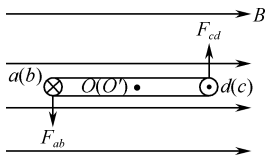


图 3-4-3

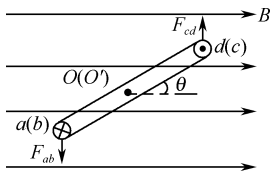


图 3-4-4

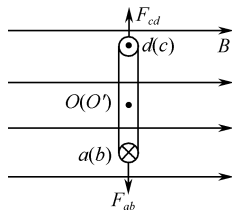


图 3-4-5

④ 小结。

- 与转轴平行的两边所受的安培力的大小、方向不变。
- 与转轴垂直的两边所受的安培力的方向不变, 大小随 θ 角从零到 BIL_2 之间变化。
- 在安培力的作用下, 线圈平面可由与磁场平行转向与磁场垂直的方向。

(2) 磁力矩。

闭合电流在磁场中受到的安培力, 往往会使线圈产生转动, 即安培力产生了使线圈转动的力矩, 称为磁力矩。磁力矩的大小与线圈在磁场放置的位置有关。设通电矩形线圈 $abcd$ 放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中, OO' 为固定的中心转轴, $ab = cd = L_1$, $bc = ad = L_2$ 。

① 线圈平面与磁场方向平行。

如图 3-4-6 可知, bc 边与 ad 边不受力, 作用在 ab 边和 cd 边上的安培力 F_{ab} 、 F_{cd} 对 OO' 轴产生的力矩分别为

$$M_{ab} = F_{ab} \frac{L_2}{2} = BIL_1 \frac{L_2}{2} = \frac{1}{2} BIL_1 L_2,$$

$$M_{cd} = F_{cd} \frac{L_2}{2} = BIL_1 \frac{L_2}{2} = \frac{1}{2} BIL_1 L_2。$$

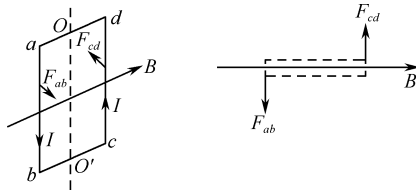


图 3-4-6

由于两力矩使线圈转动的方向一致, 所以总力矩为

$$M = M_{ab} + M_{cd} = BIL_1 L_2 = BIS。$$

② 线圈平面与磁场方向垂直。

如图 3-4-7 所示, 因为作用在线圈四条边上的安培力 F_{ab} 、 F_{cd} 、 F_{bc} 、 F_{ad} 和线圈平面在同一平面内, 所以各力对转轴 OO' 的力臂都为零, 力矩也为零, 故总力矩也为零。

③ 当线圈平面与磁场夹角为 θ 时。

如图 3-4-8 所示, 作用在 bc 和 ad 边上的安培力 F_{bc} 和 F_{ad} 和线圈平面在同一平面内, 力臂为零, 力矩也为零。

作用在 ab 和 cd 边上的安培力 F_{ab} 和 F_{cd} 产生的力矩分别为

$$M_{ab} = F_{ab} \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \cos \theta = BIL_1 \cdot \frac{L_2}{2} \cos \theta = \frac{1}{2} BIL_1 L_2 \cos \theta,$$

同理 $M_{cd} = \frac{1}{2} BIL_1 L_2 \cos \theta$, 所以总力矩 $M = BIL_1 L_2 \cos \theta = BIS \cos \theta$ 。

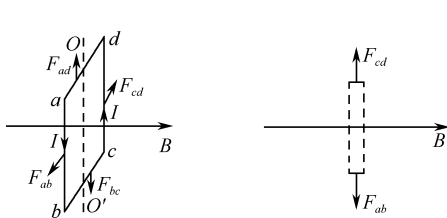


图 3-4-7

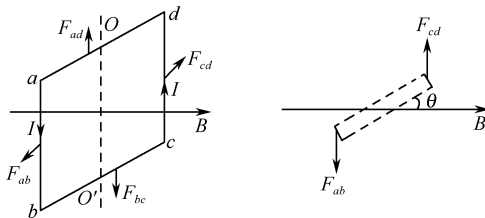


图 3-4-8

说明:①从磁场对线圈作用力的力矩表达式 $M = BIS \cos \theta$ 中可以看出,力矩的大小与线圈的面积成正比,而跟线圈的形状无关。(这里转轴跟磁感应强度 B 的方向始终垂直)②在匀强磁场中,当转轴在线圈所在的平面内平移(跟磁感应强度 B 的方向始终保持垂直)时,磁场对线圈作用力的力矩不变。

三、全能突破

基础演练

1. 如图 3-4-9 所示,匀强磁场的磁感应强度 $B = 0.1 \text{ T}$, 通电直导线与磁场方向垂直,导线长度 $L = 0.1 \text{ m}$, 导线中电流 $I = 2 \text{ A}$ 。该导线所受安培力 F 的大小为()

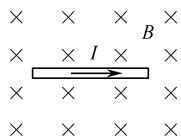


图 3-4-9

- A. 0.005 N B. 0.02 N C. 0.5 N D. 2 N
2. 如图 3-4-10 所示,在倾角为 θ 的光滑斜面上,放置一质量为 m 的导体棒,棒长为 L ,棒中通有垂直纸面向里的电流,电流大小为 I 。若使金属棒静止在斜面上,则下面关于磁感应强度 B 的判断正确的是()

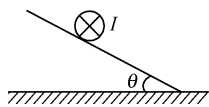
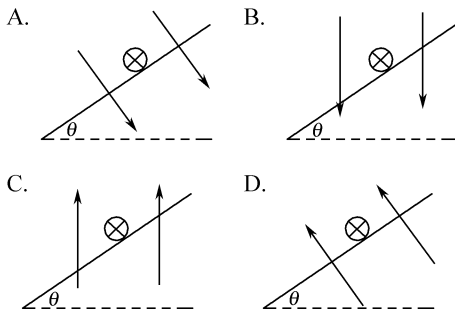


图 3-4-10

- A. B 的方向垂直斜面向上, $B = \frac{mg \sin \theta}{IL}$, B 为最小值
- B. B 的方向平行斜面向上, $B = \frac{mg \sin \theta}{IL}$, B 为最小值
- C. B 的方向竖直向上, $B = \frac{mg}{IL}$, 此时金属棒对导轨无压力
- D. B 的方向水平向左, $B = \frac{mg}{IL}$, 此时金属棒对导轨无压力
3. 质量为 m 的通电细杆置于倾角为 θ 的光滑导轨上, 导轨的宽度为 d , 有垂直于纸面向里的电流 I 通过细杆, 下列图中, 能使细杆沿导轨向上运动的最小磁感应强度是()



4. 在赤道上某处有一支避雷针。当带有负电的乌云经过避雷针上方时, 避雷针开始放电形成瞬间电流, 则地磁场对避雷针的作用力方向为()
- A. 正东 B. 正西 C. 正南 D. 正北
5. 如图 3-4-11 所示, 空间有沿 x 轴正方向的匀强磁场, 与 x 轴重合的通电导线 ab 绕 O 点在 xOy 平面内旋转 180° 的过程中, 通电导线受到的安培力()
- A. 方向不变
- B. 方向不断改变
- C. 逐渐增大
- D. 逐渐减小

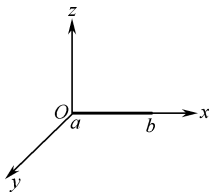


图 3-4-11

6. 如图 3-4-12 所示, 两平行光滑金属导轨固定在绝缘斜面上, 导轨间距为 L , 劲度系数为 k 的轻质弹簧上端固定, 下端与水平直导体棒 ab 相连, 弹簧与导轨平面平行并与 ab 垂直, 直导体棒垂直跨接在两导轨上, 空间存在垂直导轨平面斜向上的匀强磁场。闭合开关 K 后导体棒中的电流为 I , 导体棒平衡时, 弹簧伸长量为 x_1 ; 调转图中电源

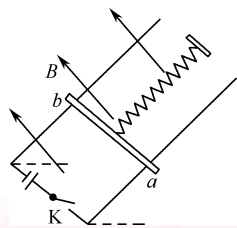


图 3-4-12

极性使棒中电流反向,导体棒中电流仍为 I ,导体棒平衡时弹簧伸长量为 x_2 。忽略回路中电流产生的磁场,则磁感应强度 B 的大小为()

- A. $\frac{k(x_1 + x_2)}{IL}$ B. $\frac{k(x_2 - x_1)}{IL}$
C. $\frac{k(x_2 + x_1)}{2IL}$ D. $\frac{k(x_2 - x_1)}{2IL}$

7. 在一个可以自由运动的矩形线框的旁边竖直立着一根固定的直导线,导线中通以方向向上的恒定电流 I_1 ,线框平面与导线平行,且两边到直导线的距离相等,如图 3-4-13 所示,不计重力的作用,当线框通以图示方向的电流 I_2 时,线框的运动是()

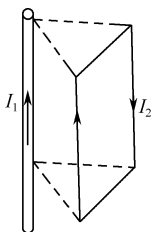


图 3-4-13

- A. 从上往下看,线框顺时针转动并向导线靠近
B. 从上往下看,线框逆时针转动同时离开导线
C. 线框朝靠近导线方向平动
D. 线框朝远离导线方向平动
8. 两个相同的圆形线圈,通以方向相同但大小不同的电流 I_1 和 I_2 ,如图 3-4-14 所示。先将两个线圈固定在光滑绝缘杆上,问释放后它们的运动情况是()
- A. 相互吸引
B. 相互排斥
C. 加速度大小相等
D. 电流大的加速度大

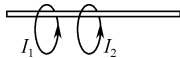
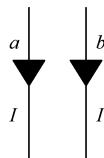


图 3-4-14

能力提升

9. 如图 3-4-15 所示,两根平行放置的长直导线 a 和 b 通有大小相同、方向相同的电流 I , a 受到的磁场力大小为 F_1 ,当加入一与导线所在平面垂直的匀强磁场后, a 受到的磁场力大小为 F_2 ,则此时 b 受到的磁场力大小可能为()

- A. F_2
B. $2F_1 - F_2$
C. $2F_1 + F_2$
D. $F_2 - 2F_1$



10. 如图 3-4-16 所示,圆环中通以逆时针方向的电流 I_1 ,长直导线通过环中心且固定不动,圆环与长直导线间绝缘且在同一平面内,当长直导线内通入向上的电流 I_2 时,圆环的运动情况是()

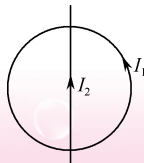


图 3-4-16

- A. 向右运动
B. 向左运动
C. 俯视是逆时针运动
D. 俯视是顺时针运动

11. 如图 3-4-17 所示,水平桌面上放置一根条形磁铁,磁铁中央正上方用绝缘弹簧悬挂一水平直导线,并与磁铁垂直。当直导线中通入图中所示方向的电流时,可以判断出()

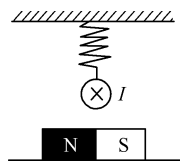


图 3-4-17

- A. 弹簧的拉力增大,条形磁铁对桌面的压力减小
B. 弹簧的拉力减小,条形磁铁对桌面的压力减小
C. 弹簧的拉力增大,条形磁铁对桌面的压力增大
D. 弹簧的拉力减小,条形磁铁对桌面的压力增大
12. 一束带电粒子沿着水平方向,平行地飞过磁针的上方,如图 3-4-18 所示。当带电粒子飞过磁针上方的瞬间,磁针的 S 极向纸里转,则带电粒子可能是()

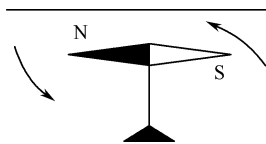


图 3-4-18

- A. 向右飞行的正电荷束
B. 向左飞行的正电荷束
C. 向右飞行的负电荷束
D. 向左飞行的负电荷束
13. 如图 3-4-19 所示为一电流表的原理示意图。质量为 m 的均质细金属棒 MN 的中点处通过一挂钩与一竖直悬挂的弹簧相连,绝缘弹簧劲度系数为 k ;在矩形区域 $abcd$ 内有匀强磁场,磁感应强度大小为 B ,方向垂直纸面向外;与 MN 的右端 N 连接的一绝缘轻指针可指示标尺上的读数, MN 的长度大于 ab 。当 MN 中没有电流通过且处于平衡状态时, MN 与矩形区域的 cd 边重合;当 MN 中有电流通过时,指针示数可表示电流,则()

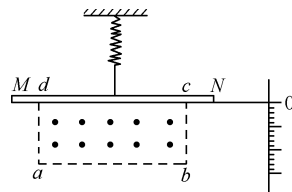


图 3-4-19

- A. 当电流表示数为零时,弹簧伸长量是 $\frac{mg}{k}$
B. 若要电流表正常工作, MN 的 N 端应与电源正极相接
C. 若 $k = 200 \text{ N/m}$, $ab = 0.20 \text{ m}$, $bc = 0.050 \text{ cm}$, $B = 0.20 \text{ T}$,此电流表的量程是 2 A
D. 若将量程扩大到 2 倍,磁感应强度应变为原来的 $\frac{1}{2}$
14. 如图 3-4-20 所示,两平行导轨 ab 、 cd 竖直放置在匀强磁场中,匀强磁场方向竖直向上,将一根金属棒 PQ 放在导轨上使其水平且始终与导轨保持良好接触。现在金

属棒 PQ 中通以变化的电流 I , 同时释放金属棒 PQ 使其运动。已知电流 I 随时间变化的关系为 $I = kt$ (k 为常数, $k > 0$), 金属棒与导轨间的动摩擦因素一定。以竖直向下为正方向, 则下面关于棒的速度 v 、加速度 a 随时间变化的关系图像中, 可能正确的是 ()

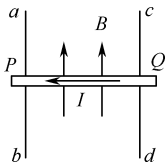
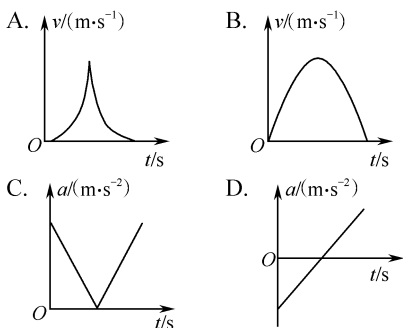


图 3-4-20



15. 如图 3-4-21 所示, 台秤上放一光滑平板, 其左边固定一挡板, 一轻质弹簧将挡板和一条形磁铁连接起来, 此时台秤有一定的读数。现在磁铁上方中心偏右位置固定一通电导线, 当通以一定的电流后, 台秤的示数增加, 同时弹簧缩短 (弹簧始终处于弹性限度内), 则下列说法正确的是 ()

- A. 磁铁右端为 N 极, 左端为 S 极, 导线中的电流方向垂直纸面向内
B. 磁铁右端为 N 极, 左端为 S 极, 导线中的电流方向垂直纸面向外
C. 磁铁右端为 S 极, 左端为 N 极, 导线中的电流方向垂直纸面向内
D. 磁铁右端为 S 极, 左端为 N 极, 导线中的电流方向垂直纸面向外

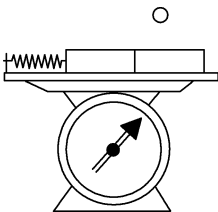


图 3-4-21

16. 如图 3-4-22 所示, 由均匀的电阻丝组成的等边三角形导体框, 垂直磁场放置, 将 AB 两点接入电压恒定的电源两端。通电时, 线框受到的安培力为 F , 若将 ACB 边移走, 则余下线框受到的安培力大小为 ()

- A. $\frac{1}{4}F$
B. $\frac{1}{3}F$
C. $\frac{1}{2}F$
D. $\frac{2}{3}F$

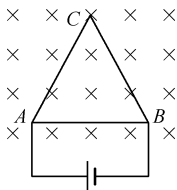


图 3-4-22

17. 相同金属材料制成的两根粗细均匀的电阻丝, 质量分别为 m_1 、 m_2 , 横截面积分别为 S_1 、 S_2 。若电阻丝两端加

相同的电压, 垂直于磁场方向放入同一匀强磁场中, 两电阻丝所受的安培力 F_1 、 F_2 的大小关系为 ()

- A. 若 $m_1 > m_2$, $S_1 = S_2$, 则 $F_1 > F_2$
B. 若 $m_1 < m_2$, $S_1 = S_2$, 则 $F_1 = F_2$
C. 若 $m_1 = m_2$, $S_1 > S_2$, 则 $F_1 = F_2$
D. 若 $m_1 = m_2$, $S_1 < S_2$, 则 $F_1 < F_2$

18. 如图 3-4-23 所示, 两根足够长的光滑平行导轨与水平面成 $\theta = 60^\circ$ 角, 导轨间距为 L 。将直流电源、电阻箱和开关串联接在两根导轨之间。整个装置处在磁感应强度为 B 的匀强磁场中。质量为 m 的导体棒 MN 垂直导轨水平放置在导轨上, 导体棒与两根导轨都接触良好, 重力加速度为 g 。

(1) 若磁场方向垂直导轨平面向上, 当电阻箱接入电路的电阻为 R_1 时, 闭合开关后, 导体棒 MN 恰能静止在导轨上。请确定 MN 中电流 I_1 的大小和方向。

(2) 若磁场方向竖直向上, 当电阻箱接入电路的电阻为 R_2 时, 闭合开关后, 导体棒 MN 也恰能静止在导轨上, 请确定 MN 中电流 I_2 的大小。

(3) 导轨的电阻可忽略, 而电源内阻、导体棒 MN 的电阻均不能忽略, 求电源的电动势。

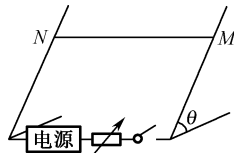


图 3-4-23

19. 如图 3-4-24 所示, 水平放置的光滑金属导轨 M 、 N 平行地置于匀强磁场中, 间距为 d , 金属棒 ab 的质量为 m , 电阻为 r , 放在导轨上且与导轨垂直, 磁场的感应强度大小为 B , 方向与导轨平面成夹角 α 且与金属棒 ab 垂直, 定值电阻为 R , 导轨电阻不计, 当电键闭合的瞬间, 测得金属棒 ab 的加速度大小为 a , 求:

- (1) 金属棒受到的安培力大小为多少;
(2) 金属棒对导轨的压力大小为多少;
(3) 电源电动势 E 为多大。

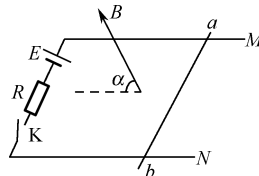


图 3-4-24

20. 如图 3-4-25 所示, ab, cd 为两根间距 $L = 1\text{m}$ 的平行金属导轨, 导轨平面与水平面间的夹角为 37° , 整个装置处在垂直斜面向上的匀强磁场中, 质量 $m = 2\text{kg}$ 的金属杆 MN 垂直导轨放置, 导轨与金属杆接触良好, 金属杆与导轨间的动摩擦因数 $\mu = 0.4$ 。当金属杆中通以大小 $I = 5\text{A}$, 方向由 M 指向 N 的电流时, 杆受到磁场力沿轨道平面斜向上运动, 此时金属杆恰好与轨道没有摩擦力作用。认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 取 $g = 10\text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

- (1) 求匀强磁场的磁感应强度 B 的大小;
- (2) 要使金属杆在导轨上处于静止状态, 金属杆中通过的电流 I 应满足什么条件?

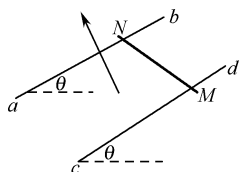


图 3-4-25

21. 质量为 $m = 0.1\text{kg}$ 、长度为 $L = 0.5\text{m}$ 的金属棒 ab 通过两根细导线水平悬挂在绝缘架下, 整个装置放在竖直方向的匀强磁场中, 当金属棒中通过从 a 到 b 的电流 $I = 2\text{A}$ 后, 棒偏离竖直位置 45° 角后又重新平衡, 如图 3-4-26 所示, 求匀强磁场的磁感应强度 B 的大小和方向。

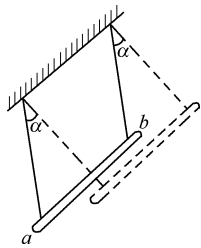


图 3-4-26

22. 如图 3-4-27 所示, 质量为 60g 的金属棒长为 $L_1 = 20\text{cm}$, 棒两端与长为 $L_2 = 30\text{cm}$ 的细软金属线相连, 吊在磁感应强度 $B = 0.5\text{T}$ 竖直向上的匀强磁场中。当金属棒中通过稳恒电流 I 后, 金属棒向纸外摆动, 摆动过程中的最大偏角 $\theta = 60^\circ$ (取 $g = 10\text{m/s}^2$), 求:

- (1) 金属棒中电流大小和方向;
- (2) 金属棒在摆动过程中动能的最大值 (不考虑金属棒摆动过程中所产生的感应电流)。要求第一问用两种思路求解。

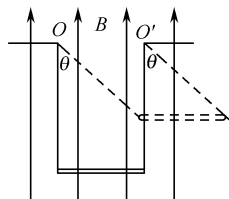


图 3-4-27

23. 在原子反应堆中抽动液态金属时, 由于不允许转动机械部分和液态金属接触, 常使用一种电磁泵。如图 3-4-28 所示为电磁泵结构示意图, 图中 A 是导管的一段, 垂直于匀强磁场放置, 导管内充满液态金属。当电流 I 垂直于导管和磁场方向穿过液态金属时, 液态金属即被驱动, 并保持匀速运动, 若导管内截面宽为 a , 高为 b , 磁场区域中的液体通过的电流为 I , 磁感应强度为 B 。求:

- (1) 电流 I 的方向;
- (2) 驱动力对液体造成的压强差。

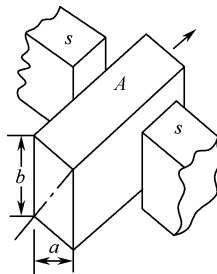


图 3-4-28

24. 如图 3-4-29 所示为电流天平,可以用来测量匀强磁场的磁感应强度。它的右臂挂着矩形线圈,匝数 n ,线圈的水平边长为 L ,处于匀强磁场内,磁感应强度 B 的方向与线圈平面垂直。当线圈中通过电流 I 时,调节砝码使两臂达到平衡。然后使电流反向,大小不变。这时需要在左盘中增加质量为 m 的砝码,才能使两臂重新平衡。

(1) 用 n 、 m 、 L 、 I 计算 B 的表达式;

(2) 当 $n=9$, $L=10.0\text{cm}$, $I=0.10\text{A}$, $m=8.78\text{g}$ 时,磁感应强度是多少?

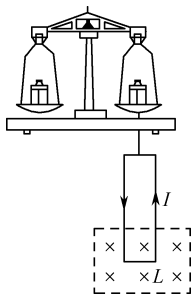


图 3-4-29

25. 在倾角为 α 的光滑斜轨上,置有一通有电流 I ,长为 L ,质量为 m 的导体棒,如图 3-4-30 所示:
- (1) 欲使棒静止在斜轨上,所加匀强磁场的磁感应强度 B 的最小值为多少? 方向如何?
- (2) 欲使棒静止在斜轨上,且对斜轨无压力,所加匀强磁场的磁感应强度 B 的大小是多少? 方向如何?

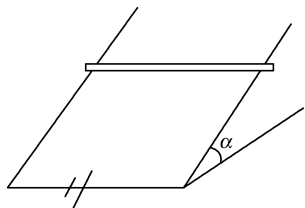
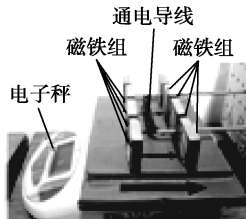
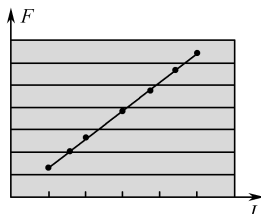


图 3-4-30

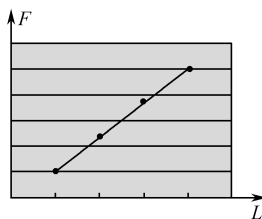
26. 为了探究“安培力与电流大小、导线长度的关系”,某小组同学利用了如图 3-4-31(a) 所示的装置,将磁铁组置于电子天平秤上,通电导线静置于磁场中,电流方向与匀强磁场方向垂直,则载流导线受到向上(或向下)安培力作用。根据牛顿第三定律,磁铁会受到等大反向的反作用力,电子秤的示数会发生变化,求得其变化值 Δm 就能计算出安培力的大小。具体操作如下:



(a)



(b)



(c)

图 3-4-31

(1) 保持导线长度一定时,探究安培力和电流大小的关系。

① 改变电流的大小 I_1 、 I_2 、 I_3 ...

② 在电子天平秤上读出对应的读数 m_1 、 m_2 、 m_3 ...

(2) 保持电流大小一定时,探究安培力与导线长度的关系。

① 改变通电导线在磁场中导线的长度 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 ;

② 在电子天平秤上读出对应的读数 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 。

(3) 切断电源,整理实验器材。

(4) 利用 Excel 来处理实验数据和绘制 $F-I$ 、 $F-L$ 的图像分别为图(b)、图(c)。

该小组同学在探究中应用的科学方法是_____。(选填:“累积法”、“等效替代法”、“控制变量法”或“演绎法”)

实验表明:导线长度一定时,安培力与电流大小成_____关系;导线中电流大小一定时,安培力与导线长度成_____关系。(选填:“正比”或“反比”)

高考链接

27. (2013·浙江) 为了降低潜艇噪声,提高其前进速度,可用电磁推进器替代螺旋桨。潜艇下方有左、右两组推进器,每组由 6 个相同的、用绝缘材料制成的直线通道推进器构成,其原理示意图如图 3-4-32 所示。在直线通道内充满电阻率 $\rho=0.2\Omega\cdot\text{m}$ 的海水,通道中 $a\times b\times c=0.3\text{m}\times 0.4\text{m}\times 0.3\text{m}$ 的空间内,存在由超导线圈产生的匀强磁场,其磁感应强度 $B=6.4\text{T}$,方向垂直通道侧面向外。磁场区域上、下方各有 $a\times b=0.3\text{m}\times$

0.4m 的金属板 M 、 N , 当其与推进器专用直流电源相连后, 在两板之间的海水中产生了从 N 到 M , 大小恒为 $I = 1.0 \times 10^3 \text{ A}$ 的电流, 设电流只存在于磁场区域。不计电源内阻及导线电阻, 海水密度 $\rho_m = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

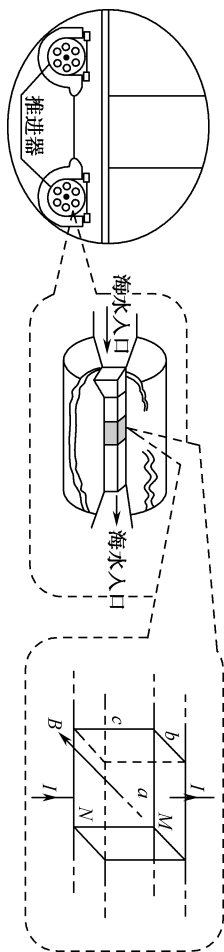


图 3-4-32

- (1) 求一个直线通道推进器内磁场对通电海水的作用力大小, 并判断其方向;
- (2) 在不改变潜艇结构的前提下, 简述潜艇如何转弯? 如何“倒车”?
- (3) 当潜艇以恒定速度 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 前进时, 海水在出口处相对于推进器的速度 $v = 34 \text{ m/s}$, 思考专用直流电源所提供的电功率如何分配, 求出相应功率的大小。

28. (2014 年全国卷 1) 关于通电直导线在匀强磁场中所受的安培力, 下列说法正确的是()

- A. 安培力的方向可以不垂直于直导线
- B. 安培力的方向总是垂直于磁场的方向
- C. 安培力的大小与通电直导线和磁场方向的夹角无关
- D. 将直导线从中点折成直角, 安培力的大小一定变为原来的一半

29. (2014 · 浙江卷) 如图 3-4-33(1) 所示, 两根光滑平行导轨水平放置, 间距为 L , 其间有竖直向下的匀强磁场, 磁感应强度为 B 。垂直于导轨水平对称放置一根均匀金属棒。从 $t=0$ 时刻起, 棒上有如图(2)所示的持续交流电流 I , 周期为 T , 最大值为 I_m , 图(1)中 I 所示方向为电流正方向。则金属棒()

- A. 一直向右移动
- B. 速度随时间周期性变化
- C. 受到的安培力随时间周期性变化
- D. 受到的安培力在一个周期内做正功

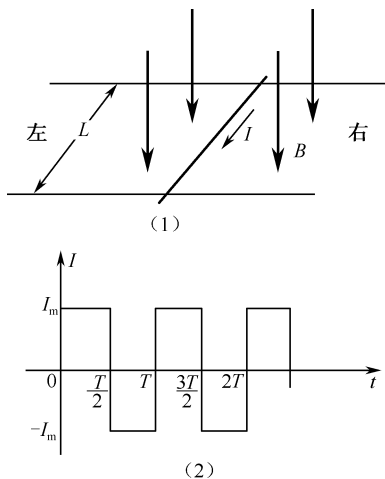


图 3-4-33

巅峰突破

30. 利用超导体可以实现磁悬浮, 如图 3-4-34(1) 是超导磁悬浮的示意图。在水平桌面上有一个周长为 L 的超导圆环, 将一块质量为 m 的永久磁铁从圆环的正上方缓慢下移, 由于超导圆环跟磁铁之间有排斥力, 结果永久磁铁悬浮在超导圆环的正上方 h_1 高处平衡。

(1) 若测得圆环 a 点磁场如图(1)所示, 磁感应强度为 B_1 , 方向与水平方向成 θ_1 角, 问此时超导圆环中电流的大小和方向?

(2) 在接下来的几周时间内, 人们发现永久磁铁在缓慢下移。经过较长时间 T 后, 永久磁铁的平衡位置在离桌面 h_2 高处。有一种观点认为超导体也有很微小的电阻, 只是现在一般仪器无法直接测得, 超导圆环内电流的变化造成了永久磁铁下移, 并设想超导电流随时间缓慢变化的 I^2-t 图, 如图(2)所示。你认为哪张图相对合理, 为什么?

(3) 若测得此时 a 点的磁感应强度变为 B_2 , 夹角变

为 θ_2 , 利用上面你认为相对正确的电流变化图, 求出该超导圆环的电阻?

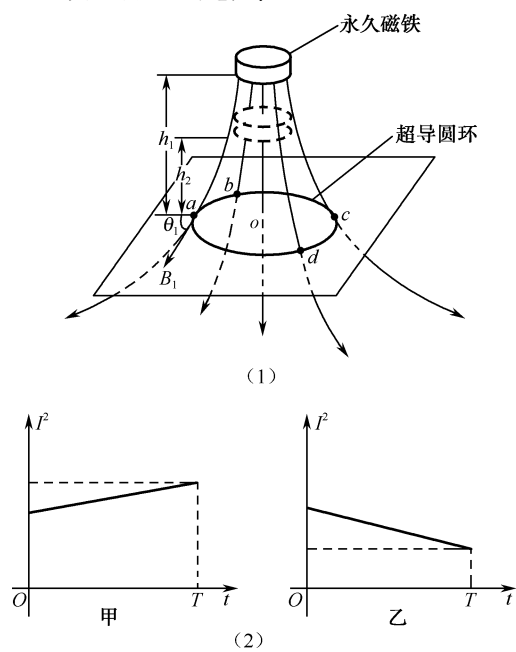


图 3-4-34

第五节 运动电荷在磁场中受到的力

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 洛伦兹力概念 2. 洛伦兹力公式 $F = qvB\sin\theta$	1. 知道洛伦兹力,能进行大小方向的判断和计算,知道洛伦兹力永远不做功 2. 知道洛伦兹力与安培力之间的关系,知道洛伦兹力与电场力的差别 3. 会运用公式 $F = qvB$ 进行计算,了解电视机显像管和速度选择器的工作原理	II

二、知识解析

磁场对运动电荷的作用

1. 洛伦兹力的大小和方向

(1) 洛伦兹力大小的计算公式: $F = qvB\sin\theta$ 。

其中 θ 为 v 与 B 之间的夹角,当 v 与 B 垂直时, $F = qvB$; 当 v 与 B 平行时, $F = 0$, 此时电荷不受洛伦兹力作用。

(2) 洛伦兹力的方向: F 、 v 、 B 方向间的关系,用左手定则来判断。注意:四指指向为正电荷的运动方向或负电荷运动方向的反方向;洛伦兹力既垂直于 B 又垂直于 v ,即垂直于 B 与 v 所决定的平面。

(3) 洛伦兹力的特征。

① 洛伦兹力与电荷的运动状态有关。当 $v = 0$ 时, $F = 0$, 即静止的电荷不受洛伦兹力作用。

② 洛伦兹力始终与电荷的速度方向垂直。因此,洛伦兹力只改变运动电荷的速度方向,不对运动电荷做功,不改变运动电荷的速率和动能。

2. 洛伦兹力与安培力的关系

(1) 洛伦兹力是单个运动电荷受到的磁场力,而安培力是导体中所有定向移动的自由电荷所受洛伦兹力的宏观表现。

(2) 洛伦兹力永不做功,而安培力可以做功。

3. 洛伦兹力和电场力的比较(见表 3-5-1)

表 3-5-1

	洛伦兹力	电场力
性质	磁场对其中运动电荷的作用力	电场对放入其中的电荷的作用力
产生条件	磁场中的静止电荷、沿磁场方向运动的电荷将不受到洛伦兹力作用	电场中的电荷无论静止、还是沿任何方向运动都受到电场力作用
方向	① 方向由电荷正负、磁场的方向以及电荷运动的方向决定,各方向之间的关系遵循左手定则 ② 洛伦兹力的方向一定垂直于磁场方向以及电荷运动方向(电荷运动方向与磁场方向不一定垂直)	① 方向由电荷正负、电场方向决定 ② 正电荷受力方向与电场方向相同,负电荷受力方向与电场方向相反
大小	$F = qvB(v \perp B)$	$F = qE$
做功情况	一定不做功	可能做正功,可能做负功,也可能不做功

三、全能突破

基础演练

- 有关电荷所受电场力和洛伦兹力的说法中,正确的是()
 - 电荷在磁场中一定受磁场力的作用
 - 电荷在电场中一定受电场力的作用
 - 电荷受电场力的方向与该处的电场方向一致
 - 电荷若受磁场力,则受力方向与该处的磁场方向垂直
- 如图 3-5-1 所示,螺线管两端加上交流电压,沿着螺线管轴线方向有一电子射入,则该电子在螺线管内将做()
 - 加速直线运动
 - 匀速直线运动
 - 匀速圆周运动
 - 往返运动
- 下列表述正确的是()
 - 洛伦兹发现了磁场对运动电荷的作用规律
 - 焦耳发现了电流通过导体时产生热效应的规律
 - 行星在圆周轨道上保持匀速率运动的性质是惯性
 - 物体先对地面产生压力,然后地面对物体产生支持力
- 在学校操场上空悬停着一个热气球,从它底部脱落一个塑料小部件,下落过程中由于和空气的摩擦而带负电。如果没有风,那么它的着地点会在气球正下方地面位置的()
 - 偏东
 - 偏西
 - 偏南
 - 偏北

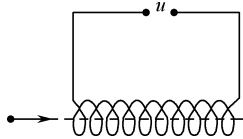


图 3-5-1

- 如图 3-5-2 所示,做直线运动的电子束射入与它的初速度垂直的匀强磁场中,电子在磁场中运动时()
 - 速度不变
 - 动能不变
 - 加速度不变
 - 所受洛伦兹力不变
- 如图 3-5-3 所示,在垂直于纸面向外的匀强磁场中,一个带电物体从固定、粗糙且绝缘的斜面顶端由静止开始下滑,斜面足够长,倾角为 θ 。下列说法正确的是()
 - 若物体带正电,最终物体将离开斜面
 - 若物体带正电,最终物体在斜面上做匀速直线运动
 - 若物体带负电,最终物体将离开斜面
 - 若物体带负电,最终物体在斜面上做匀速直线运动

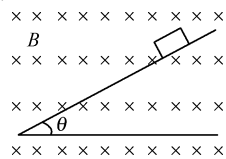
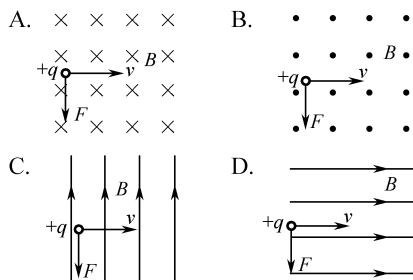


图 3-5-2

图 3-5-3

- 带电粒子以速度 v 刚刚进入磁感应强度为 B 的磁场,下列各图所标的带电粒子 $+q$ 所受洛伦兹力 F 的方向中,
 - $\times \times \times \times$
 - $\cdot \cdot \cdot \cdot$
 - $\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow$
 - $\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$

正确的是()



- 初速度为 v_0 的电子,沿平行于通电长直导线的方向射出,直导线中电流方向与电子的初始运动方向如图 3-5-4 所示,则()
 - 电子将向右偏转,速率不变
 - 电子将向右偏转,速率改变
 - 电子将向左偏转,速率不变
 - 电子将向左偏转,速率改变

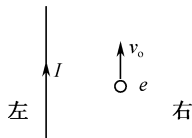


图 3-5-4

能力提升

- 每时每刻都有大量带电的宇宙射线向地球射来,地球磁场可以有效地改变这些宇宙射线中大多数带电粒子的运动方向,使它们不能到达地面,这对地球上的生命有十分重要的意义。假设有一个带正电的宇宙射线粒子正垂直于地面向赤道射来,(如图 3-5-5 所示,地球由西向东转,虚线表示地球自转轴,上方为地理北极),在地球磁场的作用下,它将()
 - 向东偏转
 - 向南偏转
 - 向西偏转
 - 向北偏转

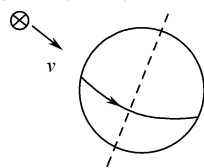


图 3-5-5

- 在阴极射线管的示意图建立如图 3-5-6 所示的坐标系。接通电源后,电子射线由阴极沿 x 轴方向射出,在荧光屏上会看到一条亮线。要使荧光屏上的亮线向下(z 轴正方向)偏转,在下列措施中可采用的是()
 - 加一磁场,磁场方向沿 z 轴负方向

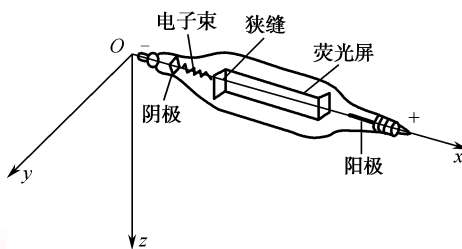


图 3-5-6

- B. 加一磁场, 磁场方向沿 y 轴负方向
 C. 加一磁场, 磁场方向沿 y 轴正方向
 D. 加一磁场, 磁场方向沿 x 轴正方向
11. 如图 3-5-7 所示, 带负电的物块 A 放在足够长的不带电的绝缘小车 B 上, 两者均保持静止, 置于垂直于纸面向里的匀强磁场中, 在 $t=0$ 时刻用水平恒力 F 向左推小车 B。已知地面光滑, AB 接触面粗糙, A 所带电荷量保持不变。下图中关于 A、B 的 $v-t$ 图像大致正确的是()

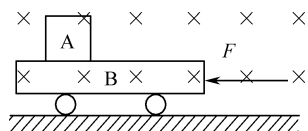
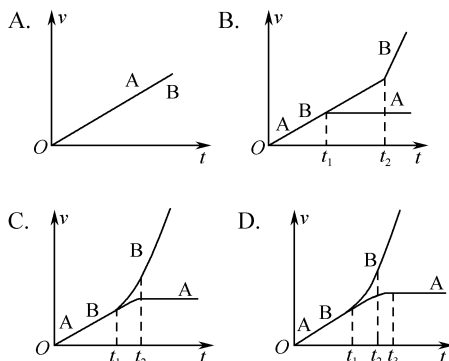


图 3-5-7



12. 如图 3-5-8 所示, 一个绝缘且内壁光滑的环形细圆管, 固定于竖直平面内, 环的半径为 R (比细管的内径大得多), 在圆管的最低点有一个直径略小于细管内径的带正电的小球处于静止状态, 小球的质量为 m , 带电荷量为 q , 重力加速度为 g 。空间存在一磁感应强度大小未知 (不为零), 方向垂直于环形细圆管所在平面且向里的匀强磁场。某时刻, 给小球一方向水平向右, 大小为 $v_0 = \sqrt{5gR}$ 的初速度, 则以下判断正确的是()

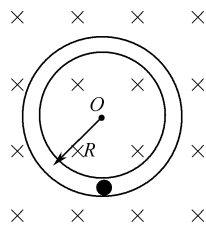


图 3-5-8

- A. 无论磁感应强度大小如何, 获得初速度后的瞬间, 小球在最低点一定受到管壁的弹力作用
 B. 无论磁感应强度大小如何, 小球一定能到达环形细圆管的最高点, 且小球在最高点一定受到管壁的弹力作用
 C. 无论磁感应强度大小如何, 小球一定能到达环形细圆管的最高点, 且小球到达最高点时的速度大小都相同
 D. 小球在从环形细圆管的最低点运动到所能到达的最高点的过程中, 水平方向分速度的大小一直减小
13. 如图 3-5-9 所示, 空间有一垂直纸面向外、磁感应强度

为 0.5T 的匀强磁场, 一质量为 0.2kg 且足够长的绝缘木板静止在光滑水平面上, 在木板左端无初速放置一质量为 0.1kg 、电荷量 $q = +0.2\text{C}$ 的滑块, 滑块与绝缘木板之间动摩擦因数为 0.5 , 滑块受到的最大静摩擦力可认为等于滑动摩擦力。 $t=0$ 时对木板施加方向水平向左, 大小为 0.6N 的恒力, g 取 10m/s^2 , 则()

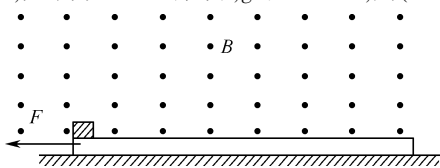


图 3-5-9

- A. 木板和滑块一直做加速度为 2m/s^2 的匀加速运动
 B. 滑块开始做加速度减小的变加速运动, 最后做速度为 10m/s 的匀速运动
 C. 木板先做加速度为 2m/s^2 的匀加速运动, 再做加速度增大的运动, 最后做加速度为 3m/s^2 的匀加速运动
 D. $t=5\text{s}$ 后滑块和木板开始有相对运动
14. 如图 3-5-10 所示, 光滑的水平桌面处在竖直向下的匀强磁场中, 桌面上平放一根一端开口、内壁光滑的绝缘细管, 细管封闭端有一带电小球, 小球直径略小于管的直径, 细管的中心轴线沿 y 轴方向。在水平拉力 F 的作用下, 细管沿 x 轴方向做匀速运动, 小球能从管口处飞出。小球在离开细管前的运动加速度 a 、拉力 F 随时间 t 变化的图像中, 正确的是()

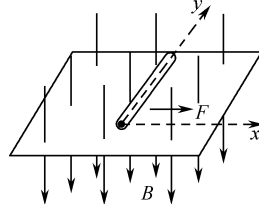
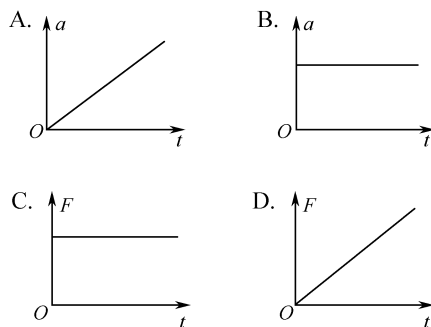


图 3-5-10



15. 一个不计重力的带正电荷的粒子, 沿图 3-5-11 中箭头所示方向进入磁场, 磁场方向垂直于纸面向外, 则粒子的运动轨迹()

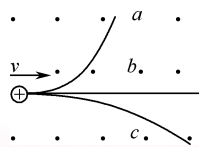


图 3-5-11

- A. 可能为圆弧 a B. 可能为直线 b

C. 可能为圆弧 c D. a 、 b 、 c 都有可能

16. 如图 3-5-12 所示为一个质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的圆环,可在水平放置的足够长的粗糙细杆上滑动,细杆置于磁感应强度为 B 的匀强磁场中。现给圆环一个向右的初速度 v_0 ,在以后的运动过程中,圆环运动的速度-时间图像可能是下列选项中的()

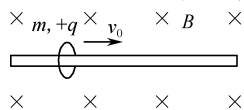
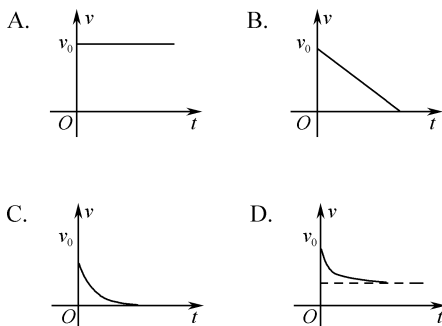


图 3-5-12



17. 在一绝缘、粗糙且足够长的水平管道中有一带电量为 q 、质量为 m 的带电球体,管道半径略大于球体半径。整个管道处于磁感应强度为 B 的水平匀强磁场中,磁感应强度方向与管道垂直。现给带电球体一个水平速度 v_0 ,则在整个运动过程中,带电球体克服摩擦力所做的功可能为()

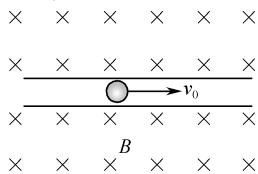


图 3-5-13

- A. 0 B. $\frac{1}{2}m\left(\frac{mg}{qB}\right)^2$
C. $\frac{1}{2}mv_0^2$ D. $\frac{1}{2}m\left[v_0^2 + \left(\frac{mg}{qB}\right)^2\right]$

18. 如图 3-5-14 所示,用绝缘细线悬吊着的带正电小球在匀强磁场中做往返运动,则()

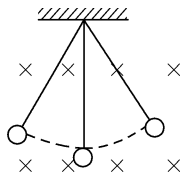


图 3-5-14

- A. 当小球每次通过平衡位置时,动能相同
B. 当小球每次通过平衡位置时,速度相同
C. 当小球每次通过平衡位置时,细线拉力相同
D. 当小球每次通过平衡位置时,细线拉力不同
19. 如图 3-5-15 所示为电视机显像管的偏转线圈示意图,圆心黑点表示电子枪射出的电子束,它的方向由纸内指向纸外,当偏转线圈通以图示方向的电流时,电子束

应()

- A. 向左偏转
B. 向上偏转
C. 不偏转
D. 向下偏转

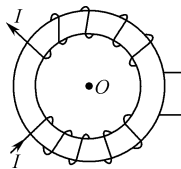


图 3-5-15

20. 带电量为 q_1 ($q_1 > 0$) 的粒子 A 在匀强磁场中运动,到达 b 点时与静止在那里的另一带电量为 q_2 ($q_2 > 0$) 的粒子 B 相碰并粘合在一起运动,碰撞前后的轨迹如图 3-5-16 所示,不计空气阻力和重力作用,则以下说法中正确的是()

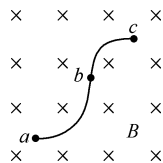


图 3-5-16

- A. 若粒子 A 的运动轨迹为从 a 到 b ,则 A 带正电, B 带负电,且电量关系有 $q_2 > q_1$
B. 若粒子 A 的运动轨迹为从 a 到 b ,则 A 带正电, B 带负电,且电量关系有 $q_2 < q_1$
C. 若粒子 A 的运动轨迹为从 c 到 b ,则 A 带负电, B 带正电,且电量关系有 $q_2 > q_1$
D. 若粒子 A 的运动轨迹为从 c 到 b ,则 A 带负电, B 带正电,且电量关系有 $q_2 < q_1$
21. 如图 3-5-17 所示,一质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 的小物体,在水平方向磁感应强度为 B 的匀强磁场中,从倾角为 θ 的绝缘光滑足够长的斜面上由静止开始下滑,求:

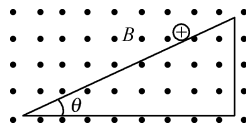


图 3-5-17

- (1) 此物体在斜面上运动的最大速度。
(2) 此物体在斜面上运动的距离。
(3) 此物体在斜面上运动的时间。

22. 将倾角为 θ 的光滑绝缘斜面放置在一个足够大的匀强磁场中, 磁场方向垂直纸面向里, 磁感应强度为 B , 一个质量为 m 、带电量为 q 的小物体在斜面上由静止开始下滑(设斜面足够长), 如图 3-5-18 所示。滑到某一位置开始离开, 求:

- (1) 物体带电荷性质。
- (2) 物体离开斜面时的速度及物体在斜面上滑行的长度是多少?

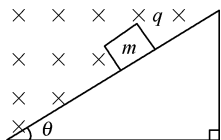


图 3-5-18

23. 在相互垂直的匀强电场和匀强磁场中, 有一倾角为 θ , 足够长的光滑绝缘斜面, 磁感应强度为 B , 方向垂直纸面向外, 电场方向竖直向上。有一质量为 m , 带电荷量为 $+q$ 的小球静止在斜面顶端, 这时小球对斜面的正压力恰好为零, 如图 3-5-19 所示, 若迅速把电场方向反转为竖直向下。求:

- (1) 小球能在斜面上连续滑行多远?
- (2) 所用时间是多少?

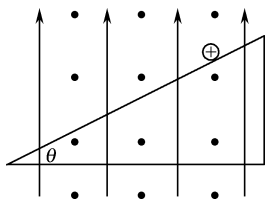


图 3-5-19

24. 如图 3-5-20 甲所示, 用一根长 $L = 0.8\text{m}$ 的绝缘不可伸长的轻质细绳, 将一带电小球悬挂在 O 点, 整个装置处在垂直纸面向里的匀强磁场中。现将小球从悬点 O 的右侧水平位置由静止释放(绳刚好拉直), 小球便在垂直磁场的竖直平面内左右摆动。用拉力传感器(图中未画出)测出绳中的拉力 F 随时间 t 变化规律如图乙所示(取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$)。求:

- (1) 小球带何种电荷;
- (2) 小球运动到最低点时速度大小;
- (3) 小球的质量。

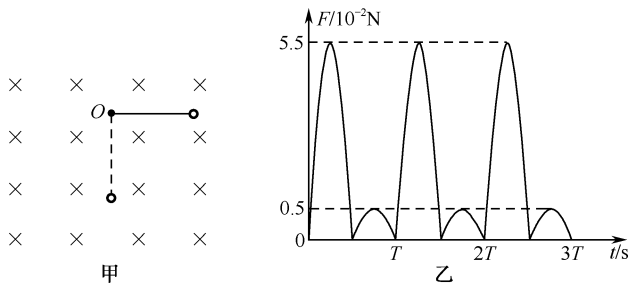


图 3-5-20

25. 如图 3-5-21 所示, 一根绝缘细杆固定在磁感应强度为 B 的水平匀强磁场中, 杆和磁场垂直, 与水平方向成 θ 角。杆上套一个质量为 m 、电量为 $+q$ 的小球, 小球与杆之间的动摩擦因数为 μ 。从 A 点开始由静止释放小球, 使小球沿杆向下运动。设磁场区域很大, 杆很长, 已知重力加速度为 g , 求:

- (1) 定性分析小球运动的加速度和速度的变化情况;
- (2) 小球在运动过程中最大加速度的大小;
- (3) 小球在运动过程中最大速度的大小。

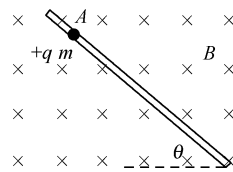


图 3-5-21

26. 如图 3-5-22 所示,长为 L 的木板静止在光滑水平面上,小木块放置在木板的右端,木板和小木块的质量均为 m ,小木块的带电量为 $+q$,木板不带电,小木块与木板之间的动摩擦因数为 μ ,整个空间存在着方向垂直纸面向里、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。现对木板施加一个方向水平向右、大小为 μmg 的恒力 F ,当作用时间为 t 时,小木块速度刚好达到 $\frac{mg}{Bq}$ 且正好滑至木板中央。求:

- (1) t 时刻,木板的加速度大小为多少?
 (2) 恒力作用多长时间,小木块和木板之间开始发生相对滑动(设最大静摩擦力等于滑动摩擦力)?

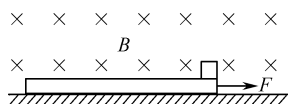


图 3-5-22

推力 $F = 9.98 \times 10^{-3} \text{ N}$ 的作用,沿 CD 向右做匀速直线运动,到达 D 点后撤去推力。当 P_1 到达倾斜轨道低端 G 点时,不带电的小物体 P_2 在 GH 顶端静止释放,经过时间 $t = 0.1 \text{ s}$ 与 P_1 相遇。 P_1 和 P_2 与轨道 CD 、 GH 间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.5$,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,物体电荷量保持不变,不计空气阻力。求:

- (1) 小物体 P_1 在水平轨道 CD 上运动的速度 v 的大小;
 (2) 倾斜轨道 GH 的长度 s 。

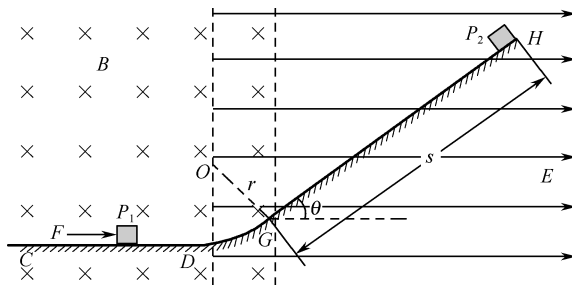


图 3-5-24

高考链接

27. (2013 年安徽卷) 图 3-5-23 中 a 、 b 、 c 、 d 为四根与纸面垂直的长直导线,其横截面位于正方形的四个顶点上,导线中通有大小相等的电流,方向如图所示。一带正电的粒子从正方形中心 O 点沿垂直于纸面的方向向外运动,它所受洛伦兹力的方向是()

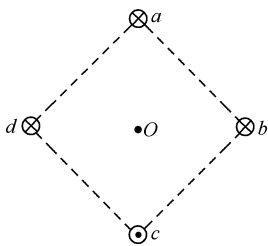


图 3-5-23

- A. 向上 B. 向下
 C. 向左 D. 向右
28. (2014 年四川卷) 在如图 3-5-24 所示的竖直平面内,水平轨道 CD 和倾斜轨道 GH 与半径 $r = \frac{9}{44} \text{ m}$ 的光滑圆弧轨道分别相切于 D 点和 G 点, GH 与水平面的夹角 $\theta = 37^\circ$,过 G 点、垂直于纸面的竖直平面左侧有匀强磁场,磁场方向垂直于纸面向里,磁感应强度 $B = 1.25 \text{ T}$;过 D 点、垂直于纸面的竖直平面右侧有匀强电场,电场方向水平向右,电场强度 $E = 1 \times 10^4 \text{ N/C}$ 。小物体 P_1 质量 $m = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 、电荷量 $q = +8 \times 10^{-6} \text{ C}$,受到水平向右的

巅峰突破

29. 用如图 3-5-25 所示的装置来选择密度相同、大小不同的球状纳米粒子。在电离室中使纳米粒子电离后表面均匀带正电,且单位面积的电量为 q_0 。电离后,粒子缓慢通过小孔 O_1 进入极板间电压为 U 的水平加速电场区域 I,再通过小孔 O_2 射入相互正交的恒定匀强电场、匀强磁场区域 II,其中电场强度为 E ,磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向外。收集室的小孔 O_3 与 O_1 、 O_2 在同一条水平线上。已知纳米粒子的密度为 ρ ,不计纳米粒子的重力及纳米粒子间的相互作用。($V_{\text{球}} = \frac{4}{3}\pi r^3$, $S_{\text{球}} = 4\pi r^2$)

- (1) 如果半径为 r_0 的某纳米粒子恰好沿直线 $O_1 O_3$ 射入收集室,求该粒子的速率和粒子半径 r_0 ;
 (2) 若半径为 $4r_0$ 的纳米粒子进入区域 II,粒子会向哪个极板偏转? 计算该纳米粒子在区域 II 中偏转距离为 l (粒子在竖直方向的偏移量) 时的动能;



(r_0 视为已知)

(3) 为了让半径为 $4r_0$ 的粒子能沿直线 O_1O_3 射入收集室, 可以通过改变哪些物理量来实现? 提出一种具体方案。

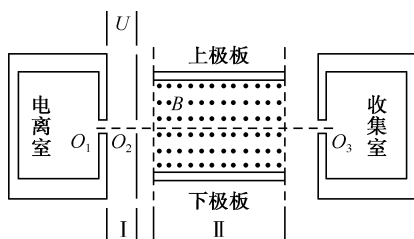


图 3-5-25



第六节 带电粒子在匀强磁场中的运动

一、课标导航

知识内容	课标要求	目标层次
1. 带电粒子在匀强磁场中的圆周运动 2. 带电粒子在复合场中的运动	1. 理解带电粒子在 B 与 v 垂直时做匀速圆周运动, 会推导相应的半径、周期公式, 并能解决有关问题 2. 会分析带电粒子在电场、磁场等复合场中的运动问题	II

二、知识解析

带电粒子在匀强磁场中的运动

在带电粒子只受洛伦兹力作用、重力可以忽略的情况下, 其在匀强磁场中有两种典型的运动。

(1) 若带电粒子的速度方向与磁场方向平行时, 不受洛伦兹力作用, 做匀速直线运动。

(2) 若带电粒子的速度方向与磁场方向垂直, 带电粒子在垂直于磁感线的平面内以入射速度 v 做匀速圆周运动, 其运动所需的向心力即洛伦兹力。

几个重要的关系式:

$$\text{①向心力公式: } qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{②轨道半径公式: } r = \frac{mv}{Bq}$$

$$\text{③周期公式: } T = \frac{2\pi m}{Bq} \quad \text{频率 } f = \frac{1}{T} = \frac{Bq}{2\pi m}$$

$$\text{④角频率 } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}$$

可见 T 与 v 及 r 无关, 只与 B 及粒子的比荷有关。

荷质比 $\frac{q}{m}$ 相同的粒子在同样的匀强磁场中, T 、 f 和 ω 相同。

三、全能突破

基础演练

1. 如图 3-6-1 所示, 半径为 R 的圆形区域内有磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场, A 、 B 是磁场边界上的两点, AB 是圆的直径, 在 A 点有一粒子源, 可以在纸面里沿各个方向向磁场里发射质量为

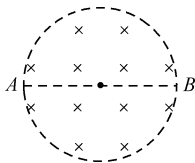


图 3-6-1

m 、电量为 q 、速度大小为 $v = \frac{qBR}{2m}$ 的同种带正电的粒子,

若某一粒子在磁场中运动的时间为 $t = \frac{\pi R}{2v}$, 忽略粒子间的相互作用, 则该粒子从 A 点射入时, 速度与 AB 间的夹角 θ 和粒子在磁场中运动的轨道半径 r 分别为()

- A. $r = \frac{R}{2}$ B. $r = R$ C. $\theta = 45^\circ$ D. $\theta = 30^\circ$

2. 如图 3-6-2 所示, 有一截面为矩形的有界匀强磁场区域 $ABCD$, $AB = 3L$, $BC = 2L$, 在边界 AB 的中点上有一个粒子源, 沿边界 AB 并指向 A 点的方向发射各种不同速率的同种正粒子, 不计粒子重力, 当粒子速率为 v_0 时, 粒子轨迹恰好与 AD 边界相切, 则()

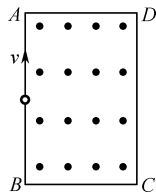


图 3-6-2

- A. 速度小于 v_0 的粒子全部从 CD 边界射出
B. 当粒子速度满足 $\frac{2v_0}{3} < v < v_0$ 时, 从 CD 边界射出
C. 在 CD 边界上只有上半部分有粒子通过

D. 当粒子速度小于 $\frac{2v_0}{3}$ 时, 粒子从 BC 边界射出

3. 如图 3-6-3 所示圆形区域内, 有垂直于纸面方向的匀强磁场, 一束质量和电荷量都相同的带电粒子, 以不同的速率, 沿着相同的方向, 对准圆心 O 射入匀强磁场, 又都从该磁场中射出, 这些粒子在磁场中的运动时间有的较长, 有的较短, 若带电粒子在磁场中只受磁场力的作用, 则在磁场中运动时间越长的带电粒子()

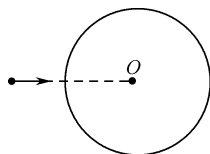


图 3-6-3

- A. 速率一定越小
B. 速率一定越大
C. 在磁场中通过的路程一定越长
D. 在磁场中的周期一定越大
4. 如图 3-6-4 所示, 有界匀强磁场边界线 $SP \parallel MN$, 速率不同的同种带电粒子从 S 点沿 SP 方向同时射入磁场。其中穿过 a 点的粒子速度 v_1 与 MN 垂直; 穿过 b 点的粒子速度 v_2 与 MN 成 60° 角, 设粒子从 S 到 a, b 所需时间分别为 t_1 和 t_2 (带电粒子重力不计), 则 $t_1:t_2$ 为()

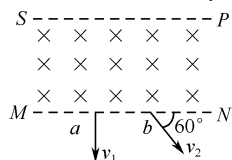


图 3-6-4

- A. 1:3 B. 4:3 C. 3:2 D. 1:1
5. 如图 3-6-5 所示, 已知甲空间中没有电场、磁场; 乙空间中有竖直向上的匀强电场; 丙空间中有竖直向下的匀强电场; 丁空间中有垂直纸面向里的匀强磁场。四个图中的斜面相同且绝缘, 相同的带负电小球从斜面上的同一 O 点以相同初速度 v_0 同时沿水平方向抛出, 分别落在甲、乙、丙、丁图中斜面上 A, B, C, D 点 (图中未画出), 小球受到的电场力、洛伦兹力都始终小于重力, 不计空气阻力, 则()

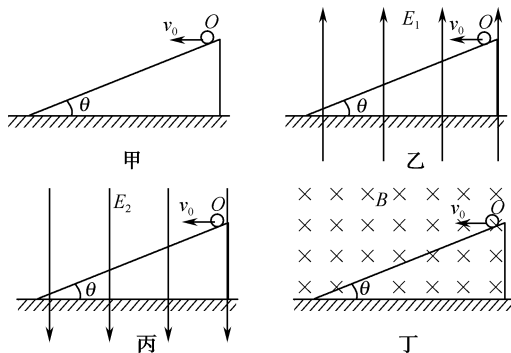


图 3-6-5

- A. O, C 之间距离大于 O, B 之间距离
B. 小球从抛出到落在斜面上用时相等
C. 小球落到 B 点与 C 点速度大小相等
D. 从 O 到 A 与从 O 到 D , 合力对小球做功相同

6. 在如图 3-6-6 所示的空间直角坐标系所在的区域内, 同时存在匀强电场 E 和匀强磁场 B 。已知从坐标原点 O 沿 x 轴正方向射入带正电的小球 (小球所受重力不可忽略), 穿过此区域时未发生偏转, 则可以判断此区域中 E 和 B 的方向可能是()

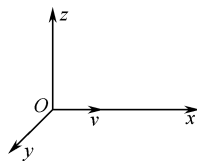


图 3-6-6

- A. E 和 B 都沿 y 轴的负方向
B. E 沿 z 轴负方向, B 沿 y 轴负方向
C. E 沿 z 轴负方向, B 沿 y 轴正方向
D. E 沿 z 轴正方向, B 沿 x 轴正方向
7. 如图 3-6-7 所示是比荷相同的两个粒子从 O 点垂直进入直线边界同一匀强磁场区域的运动轨迹, 下列说法正确的是()

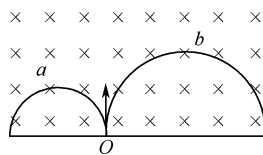


图 3-6-7

- A. a 带负电, b 带正电
B. a 运动的速率比 b 的小
C. a 的带电量比 b 的带电量小
D. a 和 b 在磁场中的运动时间相同
8. 回旋加速器的原理如图 3-6-8 所示, 它由两个铜质 D 形盒 D_1, D_2 构成, 其间留有空隙, 下列说法正确的是()

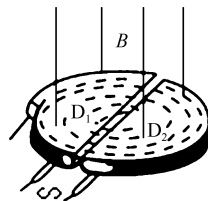


图 3-6-8

- A. 离子从电场中获得能量
B. 离子从磁场中获得能量
C. 只增大空隙间的距离可增加离子从回旋加速器中获得的动能
D. 只增大 D 形盒的半径可增加离子从回旋加速器中获得的动能
9. 劳伦斯和利文斯设计出回旋加速器, 工作原理示意图如图 3-6-9 所示, 置于高真空中的 D 形金属盒, 半径为 R , 两盒间的狭缝很小, 带电粒子穿过的时间可忽略。磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直, 高频交流电频率为 f , 加速电压为 U 。若 A 处粒子源产生的质子, 质量为 m 、电荷量为 $+q$, 在加速器中被加速, 且加速过程中不考虑相对论效应和重力的影响, 则下列说法正确的是()

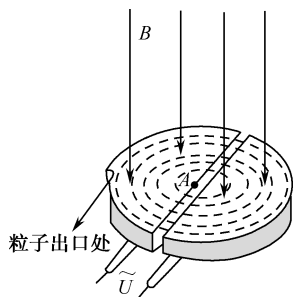


图 3-6-9

- A. 质子被加速后的最大速度不可能超过 $2\pi Rf$
 B. 质子离开回旋加速器时的最大动能与加速电压 U 成正比
 C. 质子第 2 次和第 1 次经过两 D 形盒间狭缝后轨道半径之比为 $\sqrt{2}:1$
 D. 该回旋加速器如果加速 α 粒子 (含两个质子, 两个中子), 则应该增加磁感应强度 B 或者减小交流电频率 f
10. 如图 3-6-10 所示, a, b 是一对平行金属板, 板长及 ab 间宽均为 d , 板间存在着方向竖直向下的匀强电场及方向垂直纸面向里的匀强磁场, 一个不计重力的带电粒子从两板左侧正中位置以初速度 v 沿平行于金属板的方向射入, 若撤去磁场, 电场保持不变, 则带电粒子进入后将向上偏转, 并恰好从 a 板的右边边缘飞出, 若撤去电场, 磁场保持不变, 则带电粒子进入后将向下偏转, 并恰好从 b 板的右边边缘处飞出, 现电场和磁场同时存在, 下面的判断中哪个是正确的 ()

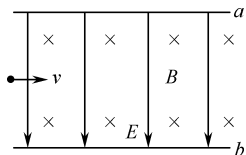


图 3-6-10

- A. 带电粒子将做匀速直线运动
 B. 带电粒子将偏向 a 板一方做曲线运动
 C. 带电粒子将偏向 b 板一方做曲线运动
 D. 无法确定带电粒子做哪种运动

能力提升

11. 如图 3-6-11 所示, 套在足够长的绝缘粗糙直棒上的带正电小球, 其质量为 m , 带电量为 q , 小球可在棒上滑动, 小球与棒的动摩擦因数为 μ , 现将此棒竖直放入沿水平方向且互相垂直的匀强磁场和匀强电场中。设小球电荷量不变, 电场强度为 E , 方向水平向右, 磁感应强度为 B , 小球沿棒由静止开始下滑, 则 ()

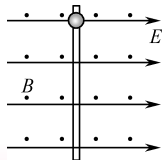


图 3-6-11

- A. 小球下落的最大加速度等于 $g - \frac{\mu q E}{m}$
 B. 小球下落的最大速度等于 $\frac{E}{B}$
 C. 小球下落的最大加速度等于 g
 D. 小球下落的最大速度等于 $\frac{mg}{\mu q B} + \frac{E}{B}$

12. 如图 3-6-12 所示, 在直角坐标系的第 I 象限和第 III 象限存在着电场强度均为 E 的匀强电场, 其中第 I 象限电场沿 x 轴正方向, 第 III 象限电场沿 y 轴负方向。在第 II 象限和第 IV 象限存在着磁感应强度均为 B 的匀强磁场, 磁场方向均垂直纸面向里。有一个电子从 y 轴的 P 点以垂直于 y 轴的初速度 v_0 进入第 III 象限, 第一次到达 x 轴上时速度方向与 x 轴负方向夹角为 45° , 第一次进入第 I 象限时, 与 y 轴夹角也是 45° , 经过一段时间电子又回到了 P 点, 进行周期性运动。已知电子的电荷量为 e , 质量为 m , 不考虑重力和空气阻力, 求:

- (1) P 点距原点 O 的距离;
 (2) 电子从 P 点出发到第一次回到 P 点所用的时间。

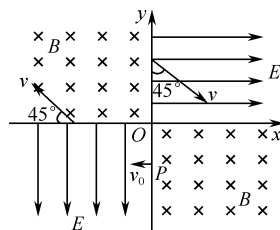


图 3-6-12

13. 如图 3-6-13 甲所示的电视机显像管能够通过磁场来控制电子的偏转, 显像管内磁场可视为圆心为 O 、半径为 r 的匀强磁场。若电子枪垂直于磁场方向射出速度为 v_0 的电子, 由 P 点正对圆心 O 射入磁场, 要让电子射出磁场时的速度方向与射入时的速度方向成 θ 角(图乙)。已知电子的质量为 m , 电荷量为 e , 不计电子的重力, 求:

- (1) 磁感应强度大小;
(2) 电子在磁场中运动的时间。(结果用 m 、 e 、 r 、 θ 、 v_0 表示)

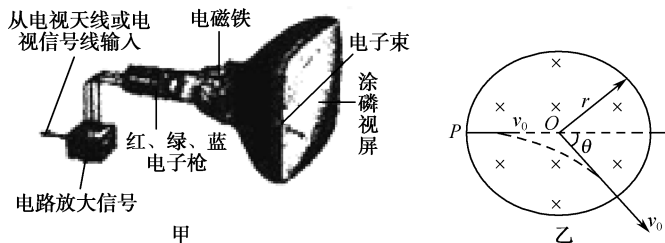


图 3-6-13

板的撞击点到 P 点的距离。

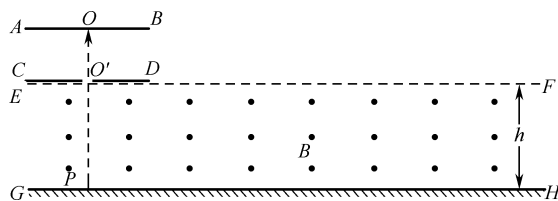


图 3-6-14

15. 如图 3-6-15 所示, 在 xOy 平面坐标系中, 直线 MN 与 y 轴成 30° 角, M 点的坐标为 $(0, a)$, 在 y 轴与直线 MN 之间的区域内, 存在垂直于 xOy 平面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场。电子束以相同速度 v_0 从 y 轴上 $-\frac{2}{3}a \leq y \leq 0$ 的区间垂直于 y 轴和磁场射入磁场。已知从 O 点射入磁场的电子在磁场中的运动轨迹恰好与直线 MN 相切, 忽略电子间的相互作用和电子的重力,

- (1) 求电子的比荷;
(2) 若在 xOy 坐标系的第 I 象限加上沿 y 轴正方向、大小为 $E = Bv_0$ 的匀强电场, 在 $x_0 = \frac{4}{3}a$ 处垂直于 x 轴放置一荧光屏, 计算说明荧光屏上发光区的形状和范围。

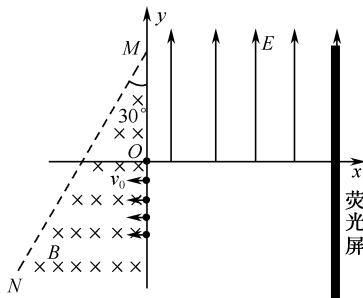


图 3-6-15

14. 如图 3-6-14 所示, 水平绝缘地板 GH 上方高度为 h 的空间存在一个匀强电场, 场强大小 $E = \frac{mg}{q}$, 方向竖直向上, 电场的上、下边界分别为 EF 、 GH (范围足够大)。 EF 上方水平放置一平行板电容器, 电容器下板 CD 紧靠边界 EF , 下板中点开有一个小孔 O' 。上板 AB 带正电, 下板 CD 带负电, 板间电压为 U , 板间距离为 d 。一个带电量为 $+q$ 、质量为 m 的小球从非常靠近上板的中点 O 静止释放。图中 P 为地板上一点, 且 O 、 O' 、 P 三点共线, 小球可以视为质点, 不计空气阻力, 求:

- (1) 小球离开小孔 O' 时的速度;
(2) 若小球每次撞击地板后电量保持不变, 速度大小减为撞击前的一半, 方向和撞击前的方向相反, 且第一次撞击后立即在 EF 下方空间加上方向如图所示的匀强磁场, 电场保持不变。(边界 EF 存在电场和磁场)
① 欲使小球不离开边界 EF , 则所加磁场的磁感应强度满足的条件;
② 在满足①中的磁感应强度取最小值时, 求小球与地

16. 如图 3-6-16 所示, 一个质量为 m , 电荷量为 $+q$ 的带电微粒(重力忽略不计), 从静止开始经 U_1 电压加速后, 水平进入两平行金属板间的偏转电场中, 金属板长为 L , 两板间距为 d , 微粒射出偏转电场时的偏转角 $\theta = 30^\circ$, 又接着进入一个方向垂直于纸面向里的匀强磁场区, 求:
- (1) 微粒进入偏转电场时的速度 v_0 是多大?
 - (2) 两金属板间的电压 U_2 是多大?
 - (3) 若该匀强磁场的磁感应强度为 B , 微粒在磁场中运动后能从左边界射出, 则微粒在磁场中的运动时间为多少?
 - (4) 若该匀强磁场的宽度为 D , 为使微粒不会从磁场右边射出, 该匀强磁场的磁感应强度 B 至少多大?

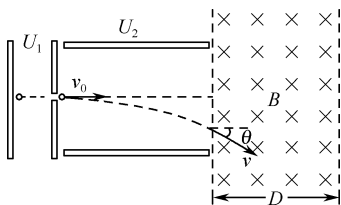


图 3-6-16

17. 如图 3-6-17 所示, $ABCDEF$ 是一边长为 L 的正六边形盒, 各边均为绝缘板, 盒外有方向垂直纸面向里、范围足够大的匀强磁场, 磁感应强度为 B 。盒内有两个与 AF 边平行的金属板 M 、 N , 且金属板 N 靠近盒子的中心 O 点, 金属板 M 和盒子 AF 边的中点均开有小孔, 两小孔与 O 点在同一直线上。现在 O 点由静止放置一质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子(不计粒子重力及空气阻力, 忽略运动电荷对外加磁场、电场的影响),
- (1) 如果在金属板 N 、 M 间加上电压 $U_{NM} = U_0$ 时, 粒子从 AF 边小孔射出后直接打在 A 点, 试求电压 U_0 的大小;
 - (2) 如果给金属板 N 、 M 间加一合适的电压, 粒子从 AF 边小孔射出后恰好能以最短时间回到该小孔(粒子打在盒子各边时都不损失动能), 试求粒子运动的最短时间;
 - (3) 如果改变金属板 N 、 M 间所加电压, 试判断粒子从

AF 边小孔射出后能否直接打在 C 点? 若不能, 说明理由; 若能, 请求出此时电压 U_{NM} 的大小。

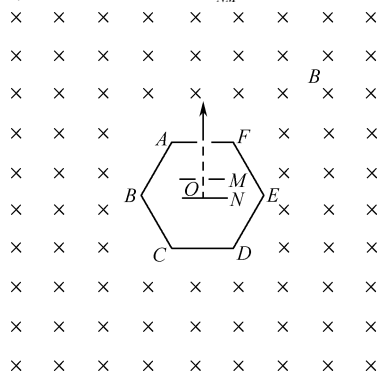


图 3-6-17

18. “太空粒子探测器”是由加速、偏转和收集三部分组成, 其原理可简化如下: 如图 3-6-18(1) 所示, 辐射状的加速电场区域边界为两个同心平行半圆弧面, 圆心为 O , 外圆弧面 AB 的半径为 L , 电势为 φ_1 , 内圆弧面 CD 的半径为 $\frac{1}{2}L$, 电势为 φ_2 。足够长的收集板 MN 平行边界 AC 、 DB , O 到 MN 板的距离 $OP = L$ 。假设太空中漂浮着质量为 m , 电量为 q 的带正电粒子, 它们能均匀地吸附到 AB 圆弧面上, 并被加速电场从静止开始加速, 不计粒子间的相互作用和其他星球对粒子引力的影响,
- (1) 求粒子到达 O 点时速度的大小;
 - (2) 如图(2)所示, 在边界 $ACDB$ 和收集板 MN 之间加一个半圆形匀强磁场, 圆心为 O , 半径为 L , 方向垂直纸面向内, 则发现从 AB 圆弧面收集到的粒子经 O 点进入磁场后有 $\frac{2}{3}$ 能打到 MN 板上(不考虑过边界 $ACDB$ 的粒子再次返回), 求所加磁感应强度的大小;
 - (3) 同上问, 从 AB 圆弧面收集到的粒子经 O 点进入磁场后均不能到达收集板 MN , 求磁感应强度所满足的条件。试写出定量反映收集板 MN 上的收集效率 η 与磁感应强度 B 的关系的相关式子。

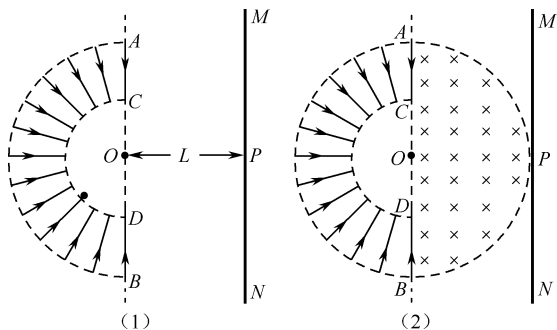


图 3-6-18

19. 如图 3-6-19 所示为电视机中显像管的原理示意图,电子枪中的灯丝因加热而逸出电子,这些电子经加速电场加速后,从 O 点进入由偏转线圈产生的圆形匀强磁场区域中,经过偏转磁场后打到荧光屏 MN 上,使荧光屏发出荧光形成图像,磁场方向垂直于圆面,磁场区域的中心为 O' ,半径为 r ,当不加磁场时,电子束将通过 O' 点打到荧光屏的中心 Q 点。已知电子的质量为 m ,电量为 e ,加速电压为 U ,磁场区域的最右端到荧光屏的距离为 $9r$,不计从灯丝逸出的电子的初速度和电子之间的相互作用,求:

- (1) 电子飞出电场时的速度为多大?
- (2) 偏转磁场的强弱会影响电子偏离荧光屏中心的距离,当加偏转磁场且磁感应强度 $B = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2mU}{3e}}$ 时,电子束将射到荧光屏上的 P 点,则 PQ 间距 L 为多少?

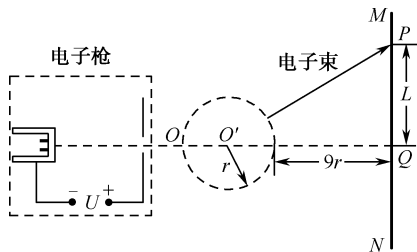


图 3-6-19

20. 如图 3-6-20 所示,在 $0 \leq x \leq \sqrt{3}a$ 区域内存在与 xy 平面垂直的匀强磁场,磁感应强度的大小为 B 。在 $t=0$ 时刻,一位于坐标原点的粒子源在 xy 平面内发射出大量同种带电粒子,所有粒子的初速度大小相同,方向与 y 轴正方向的夹角分布在 $0 \sim 180^\circ$ 范围内。已知沿 y 轴正方向发射的粒子在 $t=t_0$ 时刻刚好从磁场边界上 $P(\sqrt{3}a, a)$ 点离开磁场,求:

- (1) 粒子在磁场中做圆周运动的半径 R 及粒子的比荷;
- (2) 此刻仍在磁场中的粒子的初速度方向与 y 轴正方向夹角的取值范围;
- (3) 从粒子发射到全部粒子离开磁场所用的时间。

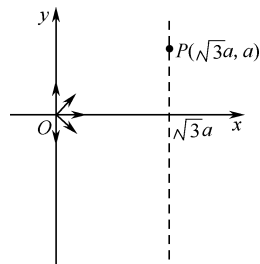


图 3-6-20

21. 如图 3-6-21 甲所示,空间存在一范围足够大的垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场,磁感应强度大小为 B 。让质量为 m ,电量为 $q(q>0)$ 的粒子从坐标原点 O 沿 xOy 平面以不同的初速度大小和方向入射到该磁场中,不计重力和粒子间的影响,

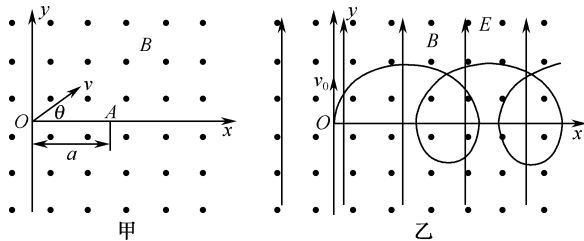


图 3-6-21

- (1) 若粒子以初速度 v_1 沿 y 轴正方向入射,恰好能经过 x 轴上的 $A(a, 0)$ 点,求 v_1 的大小;
- (2) 已知一粒子的初速度大小为 $v(v > v_1)$,为使该粒子能经过 $A(a, 0)$ 点,其入射角 θ (粒子初速度与 x 轴正方

向的夹角)有几个?并求出对应的 $\sin\theta$ 值;

(3)如图乙,若在此空间再加入沿 y 轴正方向、大小为 E 的匀强电场,一粒子从 O 点以初速度 v_0 沿 y 轴正方向发射。研究表明:粒子在 xOy 平面内做周期性运动,且在任一时刻,粒子速度的 x 分量 v_x 与其所在位置的 y 坐标成正比,比例系数与场强大小 E 无关,求该粒子运动过程中的最大速度值 v_m 。

22. 电子扩束装置由电子加速器、偏转电场和偏转磁场组成。偏转电场由加了电压的相距为 d 的两块水平平行放置的导体板形成,匀强磁场的左边界与偏转电场的右边界相距为 s ,如图 3-6-22 甲所示。大量电子(其重力不计)由静止开始,经加速电场加速后,连续不断地沿平行板的方向从两板正中间射入偏转电场。当两板不带电时,这些电子通过两板之间的时间为 $2t_0$,当在两板间加如图乙所示的周期为 $2t_0$ 、幅值恒为 U_0 的电压时,所有电子均从两板间通过,进入水平宽度为 l ,竖直宽度足够大的匀强磁场中,最后通过匀强磁场打在竖直放置的荧光屏上,问:

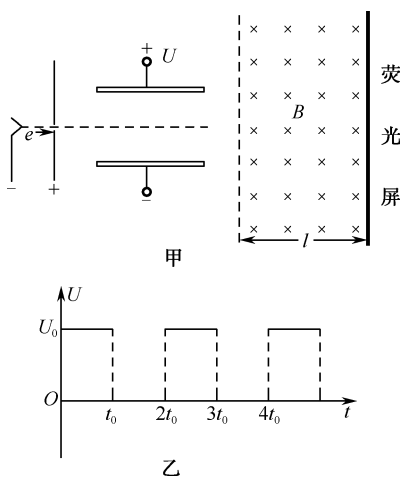


图 3-6-22

- (1)电子在刚穿出两板之间时的最大侧向位移与最小侧向位移之比为多少?
 (2)要使侧向位移最大的电子能垂直打在荧光屏上,匀强磁场的磁感应强度为多少?

(3)在满足第(2)问的情况下,打在荧光屏上的电子束的宽度为多少?(已知电子的质量为 m 、电荷量为 e)

23. 回旋加速器在核科学、核技术、核医学等高新技术领域得到了广泛应用,有力地推动了现代科学技术的发展。

(1)当今医学成像诊断设备 PET/CT 堪称“现代医学高科技之冠”,它在医疗诊断中,常利用能放射电子的同位素碳 11 为示踪原子,碳 11 是由小型回旋加速器输出的高速质子轰击氮 14 获得,同时还产生另一粒子,试写出核反应方程。若碳 11 的半衰期 τ 为 20min,经 2.0h 剩余碳 11 的质量占原来的百分之几?(结果取 2 位有效数字)

(2)回旋加速器的原理如图 3-6-23 所示, D_1 和 D_2 是两个中空的半径为 R 的半圆金属盒,它们接在电压一定、频率为 f 的交流电源上,位于 D_1 圆心处的质子源 A 能不断产生质子(初速度可以忽略,重力不计),它们在两盒之间被电场加速, D_1 、 D_2 置于与盒面垂直的磁感应强度为 B 的匀强磁场中。若质子束从回旋加速器输出时的平均功率为 P ,求输出时质子束的等效电流 I 与 P 、 B 、 R 、 f 的关系式。(忽略质子在电场中运动的时间,其最大速度远小于光速)

(3)试推理说明:质子在回旋加速器中运动时,随轨道半径 r 的增大,同一盒中相邻轨道的半径之差 Δr 是增大、减小或是不变?

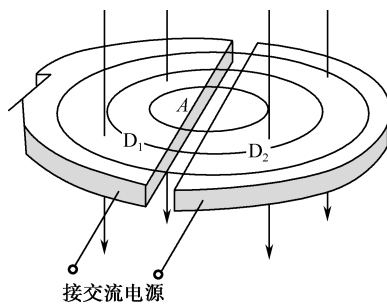


图 3-6-23

24. 如图 3-6-24 所示, $ABCD$ 是边长为 a 的正方形。质量为 m 、电荷量为 e 的电子以大小为 v_0 的初速度沿纸面垂直于 BC 边射入正方形区域。在正方形内适当区域中有匀强磁场, 电子从 BC 边上的任意点入射, 都只能从 A 点射出磁场, 不计重力, 求:

- (1) 此匀强磁场区域中磁感应强度的方向和大小;
(2) 此匀强磁场区域的最小面积。

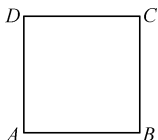


图 3-6-24

25. 如图 3-6-25 所示, 在 x 轴上方有一匀强磁场, 磁感应强度的方向垂直于纸面向里, 大小为 B , x 轴下方有一匀强电场, 电场强度的大小为 E , 方向与 y 轴的夹角 θ 为 45° 且斜向上方。现有一质量为 m 、电量为 q 的正离子, 以速度 v_0 由 y 轴上的 A 点沿 y 轴正方向射入磁场, 该离子在磁场中运动一段时间后从 x 轴上的 C 点进入电场区域, 该离子经 C 点时的速度方向与 x 轴夹角为 45° 。不计离子的重力, 设磁场区域和电场区域足够大, 求:

- (1) C 点的坐标;
(2) 离子从 A 点出发到第三次穿越 x 轴时的运动时间;
(3) 离子第四次穿越 x 轴时速度的大小及速度方向与电场方向的夹角。

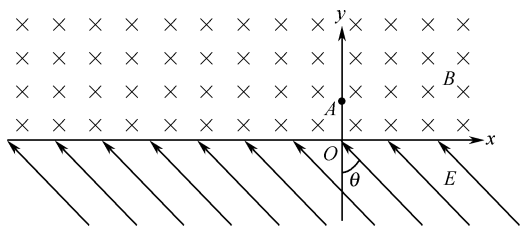


图 3-6-25

26. 如图 3-6-26 所示, 在坐标系 xOy 中, 过原点的直线 OC 与 x 轴正方向的夹角 $\varphi = 120^\circ$, 在 OC 右侧有一匀强电场, 在第二、三象限内有一匀强磁场, 其上边界与电场边界重叠, 右边界为 y 轴, 左边界为图中平行于 y 轴的虚线, 磁场的磁感应强度为 B , 方向垂直于纸面向里。一带正电荷 q 、质量为 m 的粒子以某一速度自磁场左边界上的 A 点射入磁场区域, 并从 O 点射出, 粒子射出磁场的速度方向与 x 轴的夹角 $\theta = 30^\circ$, 大小为 v , 粒子在磁场内的运动轨迹为纸面内的一段圆弧, 且弧的半径为磁场左右边界间距的 2 倍, 粒子进入电场后, 在电场力的作用下又由 O 点返回磁场区域, 经过一段时间后再次离开磁场。已知粒子从 A 点射入到第二次离开磁场所用时间恰好等于粒子在磁场中做圆周运动的周期, 忽略重力的影响, 求:

- (1) 粒子经过 A 点时的速度方向和 A 点到 x 轴的距离;
(2) 匀强电场的大小和方向;
(3) 粒子从第二次离开磁场到再次进入电场所用的时间。

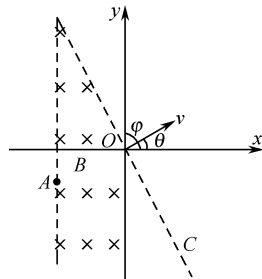


图 3-6-26

27. 两平面荧光屏互相垂直放置, 在两屏内分别垂直于两屏交线的直线为 x 和 y 轴, 交点 O 为原点, 如图 3-6-27 所示。在 $y > 0, 0 < x < a$ 的区域有垂直于纸面向内的匀强磁场, 在 $y > 0, x > a$ 的区域有垂直于纸面向外的匀强磁场, 两区域内的磁感应强度大小均为 B 。在 O 点处有一小孔, 一束质量为 m 、带电量为 $q (q > 0)$ 的粒子沿 x 轴经小孔射入磁场, 最后打在竖直和水平荧光屏上, 使荧光屏发亮, 入射粒子的速度可取从零到某一最大值之间的各种数值。已知速度最大的粒子在 $0 < x < a$ 的区域中运动的时间与在 $x > a$ 的区域中运动的时间之比为 $2:5$, 在磁场中运动的总时间为 $7T/12$, 其中 T 为该粒

子在磁感应强度为 B 的匀强磁场中做圆周运动的周期,试求两个荧光屏上亮线的范围(不计重力的影响)。

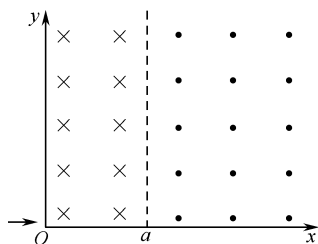


图 3-6-27

28. 如图 3-6-28 所示, M 、 N 为两块带等量异种电荷的平行金属板, S_1 、 S_2 为板上正对的小孔, N 板右侧有两个宽度均为 d 的匀强磁场区域, 磁感应强度均为 B , 方向分别垂直于纸面向外和向里, 磁场区域右侧有一个荧光屏, 取屏上与 S_1 、 S_2 共线的 O 点为原点, 向上为正方向建立 x 轴。 M 板左侧电子枪发射出的热电子经小孔 S_1 进入两板间, 电子的质量为 m , 电荷量为 e , 初速度可以忽略,

- (1) 当两板间电势差为 U_0 时, 求从小孔 S_2 射出的电子的速度 v_0 。
- (2) 求两金属板间电势差 U 在什么范围内, 电子不能穿过磁场区域打到荧光屏上。
- (3) 若电子能够穿过磁场区域而打到荧光屏上, 试定性地画出电子运动的轨迹。
- (4) 求电子打到荧光屏上的位置坐标 x 和金属板间电势差 U 的函数关系。

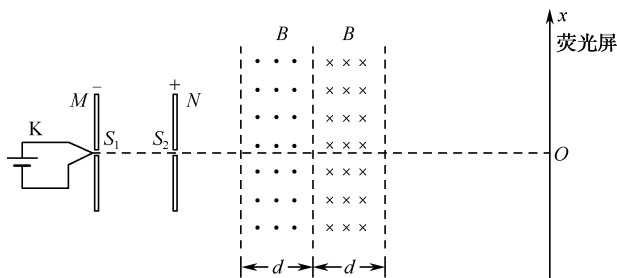


图 3-6-28

29. 正电子发射计算机断层(PET)是分子水平上的人体功能显像的国际领先技术, 它为临床诊断和治疗提供了全新的手段。

(1) PET 在心脏疾病诊疗中, 需要使用放射正电子的同位素氮 13 示踪剂。氮 13 是由小型回旋加速器输出的高速质子轰击氧 16 获得的, 反应中同时还产生另一个粒子, 试写出该核反应方程。

(2) PET 所用回旋加速器示意图如图 3-6-29 所示, 其中置于高真空中的金属 D 形盒的半径为 R , 两盒间距为 d , 在左侧 D 形盒圆心处放有粒子源 S , 匀强磁场的磁感应强度为 B , 方向如图所示。质子的质量为 m , 电荷量为 q , 设质子从粒子源 S 进入加速电场时的初速度不计, 质子在加速器中运动的总时间为 t (其中已略去了质子在加速电场中的运动时间), 质子在电场中的加速次数与回旋半周的次数相同, 加速质子时的电压大小可视为不变, 求此加速器所需的高频电源频率 f 和加速电压 U 。

(3) 试推证当 $R \gg d$ 时, 质子在电场中加速的总时间相对于在 D 形盒中回旋的时间可忽略不计(质子在电场中运动时, 不考虑磁场的影响)。

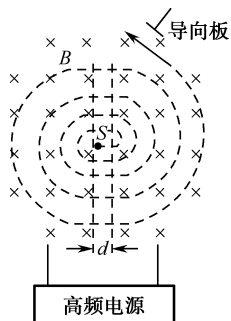


图 3-6-29

高考链接

30. (2014 山东卷) 如图 3-6-30 甲所示, 间距为 d , 垂直于纸面的两平行板 P 、 Q 间存在匀强磁场。取垂直于纸面向里为磁场的正方向, 磁感应强度的变化规律如图乙所示。 $t=0$ 时刻, 一质量为 m , 带电荷量为 $+q$ 的粒子 (不计重力), 以初速度 v_0 由 Q 板左端靠近板面的位置, 沿垂直于磁场且平行于板面的方向射入磁场区。当 B_0 和 T_B 取某些特定值时, 可使 $t=0$ 时刻射入的粒子经 Δt 时间恰能垂直打到 P 板上 (不考虑粒子反弹)。上述 m, q, d, v_0 为已知量。

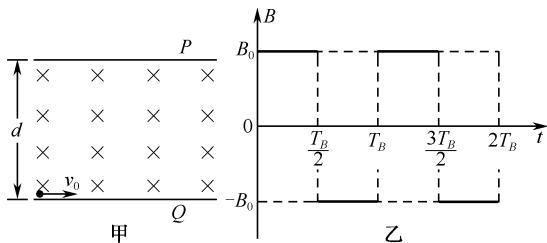


图 3-6-30

- (1) 若 $\Delta t = \frac{1}{2}T_B$, 求 B_0 。
- (2) 若 $\Delta t = \frac{3}{2}T_B$, 求粒子在磁场中运动的加速度大小。
- (3) 若 $B_0 = \frac{4mv_0}{qd}$, 为使粒子仍能垂直打到 P 板上, 求 T_B 。

31. (2014 江苏卷) 某装置用磁场控制带电粒子的运动, 工作原理如图 3-6-31 所示。装置的长为 L , 上下两个相同的矩形区域内存在匀强磁场, 磁感应强度均为 B , 方向与纸面垂直且相反, 两磁场的间距为 d 。装置右端有一收集板, M 、 N 、 P 为板上的三点, M 位于轴线 OO' 上, N 、 P 分别位于下方磁场的上、下边界上。在纸面内, 质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的粒子以某一速度从装置左端的中点射入, 方向与轴线成 30° 角, 经过上方的磁场区域一次, 恰好到达 P 点。改变粒子入射速度的大小, 可以控制粒子到达收集板上的位置。不计粒子的重力。

- (1) 求磁场区域的宽度 h ;
- (2) 欲使粒子到达收集板的位置从 P 点移到 N 点, 求粒子入射速度的最小变化量 Δv ;
- (3) 欲使粒子到达 M 点, 求粒子入射速度大小的可能值。

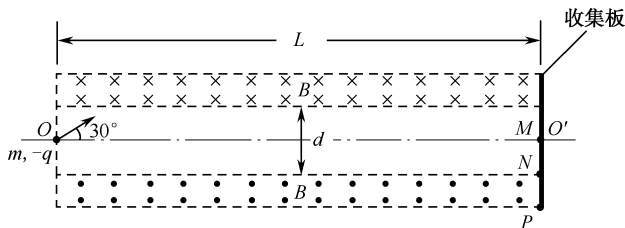


图 3-6-31

巅峰突破



32. 如图 3-6-32 所示,在 xOy 坐标系中,以 $(r,0)$ 为圆心, r 为半径的圆形区域内存在匀强磁场,磁场的磁感应强度为 B ,方向垂直于纸面向里。在 $y > r$ 的足够大的区域内,存在沿 y 轴负方向的匀强电场,场强大小为 E 。从 O 点以相同速率向不同方向发射质子,质子的运动轨迹均在纸面内,且质子在磁场中做圆周运动的轨迹半径也为 r 。已知质子的电荷量为 q ,质量为 m ,不计质子所受重力及质子间相互作用力的影响。

- (1) 求质子射入磁场时速度的大小;
- (2) 若质子沿 x 轴正方向射入磁场,求质子从 O 点进入磁场到第二次离开磁场经历的时间;
- (3) 若质子沿与 x 轴正方向成夹角 θ 的方向从 O 点射入第一象限的磁场中,求质子在磁场中运动的总时间。

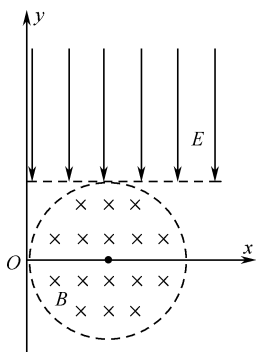
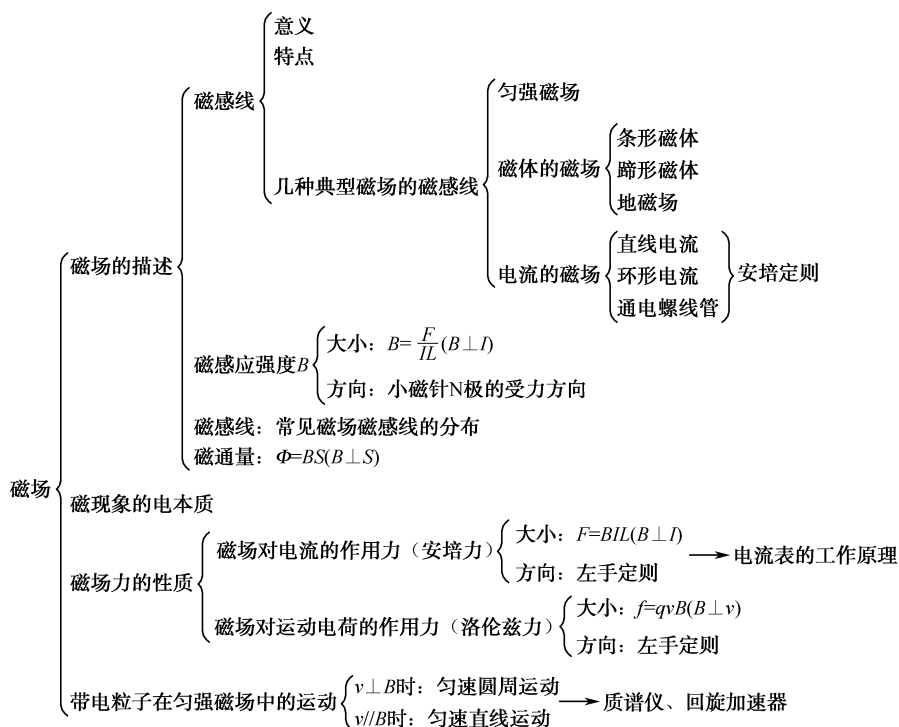


图 3-6-32

方法技巧归纳

一、本章知识结构图



二、本章知识技巧归纳

1. 通电导线在磁场中的运动及受力

- (1) 直线电流元分析法: 把整段电流分成很多小段直线电流, 其中每一小段就是一个电流元, 先用左手定则判断出每小段电流元受到的安培力的方向, 再判断整段电流所受安培力的方向, 从而确定导体的运动方向。
- (2) 特殊位置分析法, 根据通电导体在特殊位置所受安培力方向, 判断其运动方向, 然后推广到一般位置。
- (3) 等效分析法: 环形电流可等效为小磁针, 条形磁铁或小磁针也可等效为环形电流, 通电螺线管可等效为多个环形电流或条形磁铁。
- (4) 利用结论法: ①两电流相互平行时, 无转动趋势; 电流同向, 导线相互吸引; 电流反向, 导线相互排斥。②两电流不平行时, 导线有转动到相互平行且电流同向的趋势。

2. 带电粒子在有界匀强磁场中的运动

有界匀强磁场指在局部空间存在着匀强磁场, 带电粒子从磁场区域外垂直磁场方向射入磁场区域, 在磁场区域内经历一段匀速圆周运动, 也就是通过一段圆弧后离开磁场区域。由于运动的带电粒子垂直磁场方向, 从磁场边界进入磁场的方向不同, 或磁场区域边界不同, 造成它在磁场中运动的圆弧轨道各不相同, 如图 3-7-1 所示为几种常见情景。

解决这一类问题时, 找到粒子在磁场中一段圆弧运动对应的圆心位置、半径大小以及与半径相关的几何关系是解题的关键。

(1) 三个(圆心、半径、时间)关键的确定。

研究带电粒子在匀强磁场中做圆周运动时, 常考虑的几个问题:

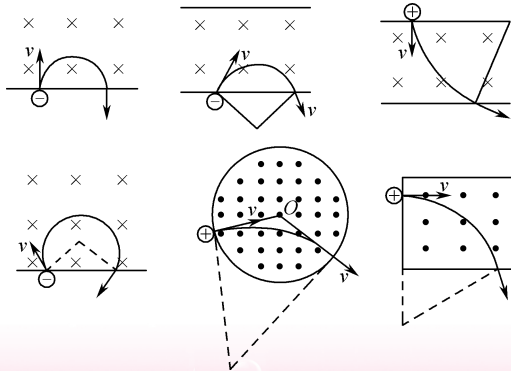


图 3-7-1

①圆心的确定。

已知带电粒子在圆周中两点的速度方向时(一般是射入点和射出点),沿洛伦兹力方向画出两条速度的垂线,这两条垂线相交于一点,该点即为圆心。(弦的垂直平分线过圆心也常用到)

②半径的确定。

一般应用几何知识来确定。

③运动时间: $t = \frac{\theta}{360^\circ} T = \frac{\varphi}{2\pi} T$ (θ, φ 为圆周运动的圆心角),另外也可用弧长 Δl 与速率的比值来表示,即 $t = \Delta l / v$ 。

④粒子在磁场中运动的角度关系。

粒子的速度偏向角(φ)等于圆心角(α),并等于 AB 弦与切线的夹角(弦切角 θ)的 2 倍,即 $\varphi = \alpha = 2\theta = \omega t$;相对的弦切角(θ)相等,与相邻的弦切角(θ')互补,即 $\theta' + \theta = 180^\circ$,如图 3-7-2 所示。

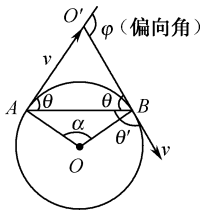


图 3-7-2

(2) 两类典型问题。

1) 极值问题:常借助半径 R 和速度 v (或磁场 B) 之间的约束关系进行动态运动轨迹分析,确定轨迹圆和边界的关系,找出临界点,然后利用数学方法求解极值。

注意 ① 刚好穿出磁场边界的条件是带电粒子在磁场中运动的轨迹与边界相切。

② 当速度 v 一定时,弧长(或弦长)越长,圆周角越大,则带电粒子在有界磁场中运动的时间越长。

③ 当速率 v 变化时,圆周角大的,运动时间长。

2) 多解问题:多解形成的原因一般包含以下几个方面。

① 粒子电性不确定;② 磁场方向不确定;③ 临界状态不唯一;④ 粒子运动的往复性等。

关键点: ① 审题要细心;② 重视粒子运动的情景分析。

3. 带电粒子在复合场中的运动

复合场是指电场、磁场和重力场并存,或其中某两场并存,或分区域存在的某一空间。粒子经过该空间时可能受到的力有重力、静电力和洛伦兹力。处理带电粒子(带电体)在复合场中运动问题的方法:

(1) 正确分析带电粒子(带电体)的受力特征。带电粒子(带电体)在复合场中做什么运动,取决于带电粒子(带电体)所受的合外力及其初始速度。带电粒子(带电体)在磁场中所受的洛伦兹力还会随速度的变化而变化,而洛伦兹力的变化可能会引起带电粒子(带电体)所受的其他力的变化,因此应把带电粒子(带电体)的运动情况和受力情况结合起来分析,注意分析带电粒子(带电体)的受力和运动的相互关系,通过正确的受力分析和运动情况分析,明确带电粒子(带电体)的运动过程和运动性质,选择恰当的运动规律解决问题。

(2) 灵活选用力学规律。

① 当带电粒子(带电体)在复合场中做匀速运动时,就根据平衡条件列方程求解。

② 当带电粒子(带电体)在复合场中做匀速圆周运动时,往往同时应用牛顿第二定律和平衡条件列方程求解。

③ 当带电粒子(带电体)在复合场中做非匀变速曲线运动时,常选用动能定理或能量守恒定律列方程求解。

④ 由于带电粒子(带电体)在复合场中受力情况复杂,运动情况多变,往往出现临界问题,这时应以题目中的“恰好”、“最大”、“最高”、“至少”等词语为突破口,挖掘隐含条件,根据隐含条件列出辅助方程,再与其他方程联立求解。

⑤ 若匀强电场和匀强磁场是分开的独立的区域,则带电粒子在其中运动时,分别遵守在电场和磁场中的运动规律,处理这类问题的时候要注意分阶段求解。

4. 带电粒子在复合场中运动的应用实例

(1) 速度选择器。

① 平行板中电场强度 E 和磁感应强度 B 互相垂直,这种装置能把具有一定速度的粒子选择出来,所以叫速度选择器。

② 带电粒子能够沿直线匀速通过速度选择器的条件是: $qvB = qE$ 即 $v = \frac{E}{B}$ 。

(2) 磁流体发电机。

① 磁流体发电机是一项新兴技术,它可以把内能直接转化为电能。

② 根据左手定则,如图 3-7-3 所示可知 B 是发电机的正极。

③ 磁流体发电机两极间的距离为 L ,等离子体的速度为 v ,磁场的磁感应强度为 B ,则两极板间能达到的最大电势差 $U = BLv$ 。

④ 外电阻 R 中的电流可由闭合电路欧姆定律求出。

(3) 电磁流量计。

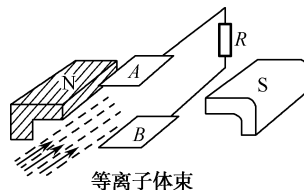


图 3-7-3

工作原理:如图 3-7-4 所示,圆形导管直径为 d ,用非磁性材料制成,导电液体在管中向左流动,导电液体中的自由电荷(正、负离子),在洛伦兹力的作用下横向偏转, a 、 b 间出现电势差,形成电场,当自由电荷所受的电场力和洛伦兹力平衡时, a 、 b 间的电势差就保持稳定,即 $qvB = qE = q \frac{U}{d}$,所以 $v = \frac{U}{Bd}$ 。因此液体流量 $Q = Sv = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{U}{Bd}$

$$= \frac{\pi d U}{4B}$$

(4) 霍尔效应。

在匀强磁场中放置一个矩形截面的载流导体,当磁场方向与电流方向垂直时,导体在与磁场、电流方向都垂直的方向上出现了电势差,这种现象成为霍尔电势差,其原理如图 3-7-5 所示。

【例 1】设电流计中的磁场为均匀辐射分布的磁场,图 3-7-6 中 $abcd$ 表示的是电流计中的通电线圈, $ab = cd = 1\text{cm}$, $ad = bc = 0.9\text{cm}$,共有 50 匝,线圈两边所在位置的磁感应强度为 0.5T ,已知线圈每偏转 1° ,弹簧产生的阻碍线圈偏转的力矩为 $2.5 \times 10^{-8}\text{N} \cdot \text{m}$,

(1) 当线圈中电流为 0.6mA 时,指针将转过多少度?

(2) 如果指针的最大偏转角为 90° ,则这只电流计量程是多少?

(3) 当指针偏转角为 40° 时,通入线圈的电流多大?

【解答】均匀辐射分布的磁场,保证线圈平面始终与磁感线平行。

(1) 由 $M_1 = NBI_1 S = 50 \times 0.5 \times 0.6 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 0.9 \times 10^{-2}\text{N} \cdot \text{m} = 1.35 \times 10^{-6}\text{N} \cdot \text{m}$

$$\text{可知, } \theta_1 = \frac{1.35 \times 10^{-6}}{2.5 \times 10^{-8}} \times 1^\circ = 54^\circ$$

(2) 因 $M_{\max} = 2.5 \times 10^{-8} \times 90^\circ \cdot \text{m} = 2.25 \times 10^{-6}\text{N} \cdot \text{m}$

$$\text{所以 } I_{\max} = \frac{M_{\max}}{NBS} = \frac{2.25 \times 10^{-6}}{50 \times 0.5 \times 0.9 \times 10^{-4}}\text{A} = 1 \times 10^{-3}\text{A} = 1\text{mA}$$

(3) 根据 $M_2 = 2.5 \times 10^{-8} \times 40^\circ \cdot \text{m} = 1.0 \times 10^{-6}\text{N} \cdot \text{m}$

$$\text{有 } I_2 = \frac{M_2}{NBS} = \frac{1.0 \times 10^{-6}}{50 \times 0.5 \times 0.9 \times 10^{-4}}\text{A} = 0.44 \times 10^{-3}\text{A} = 0.44\text{mA}$$

【答案】(1) 54° (2) 1mA (3) 0.44mA

【例 2】如图 3-7-7 所示,电源电动势为 3V ,内阻不计,导体棒质量为 60g ,长为 1m ,电阻为 1.5Ω ,匀强磁场竖直向上, $B = 0.4\text{T}$ 。当开关 S 闭合后,棒从固定的光滑绝缘环的底端上滑至某一位置静止,试求在此位置上棒对每一只环的压力为多少? 若已知绝缘环半径为 0.5m ,此位置与环底高度差是多少?

【解答】导体棒受安培力 $F = BIL = B \frac{E}{R} L = 0.4 \times \frac{3}{1.5} \times 1\text{N} = 0.8\text{N}$

导体棒的重力: $mg = 60 \times 10^{-3} \times 10\text{N} = 0.6\text{N}$

对整根棒受力分析,由棒平衡知,两环受支持力的总和为:

$$2F_N = \sqrt{F^2 + m^2 g^2} = \sqrt{(0.8)^2 + (0.6)^2}\text{N} = 1.0\text{N}$$

据牛顿第三定律,导体棒对每一只环的压力为 $F_N = 0.5\text{N}$;环的压力与重

力间的夹角为 θ (见图 3-7-8 甲),所以有: $\tan \theta = \frac{F}{mg} = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$, $\theta = 53^\circ$

因为此位置跟环心连线与竖直方向夹角也为 θ (如图乙),所以:

$$h = R(1 - \cos \theta) = 0.5 \times (1 - 0.6)\text{m} = 0.2\text{m}$$

【答案】 0.5N ; 0.2m

【例 3】在如图 3-7-9 所示的 xOy 坐标系中, $y > 0$ 的区域内存在着沿 y 轴正方向、场强为 E 的匀强电场, $y < 0$ 的区域内存在着垂直纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场。一带电粒子从 y 轴上的 $P(0, h)$ 点沿 x 轴正方向以初速度 v_0 射出,恰好能通过 x 轴上的 $D(d, 0)$ 点。已知带电粒子的质量为 m ,带电量为 $-q$ 。 h 、 d 、 q 均大于 0 。不计重力的影响。

(1) 若粒子只在电场作用下直接到达 D 点,求粒子初速度的大小 v_0 ;

(2) 若粒子在第二次经过 x 轴时到达 D 点,求粒子初速度的大小 v_0 ;

(3) 若粒子在从电场进入磁场时到达 D 点,求粒子初速度的大小 v_0 。

【解答】(1) 粒子只在电场作用下直接到达 D 点,设粒子在电场中运动的时间为 t ,粒子沿 x 方向做匀速直线运动,则 $x = v_0 t$ ①

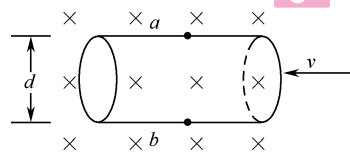


图 3-7-4

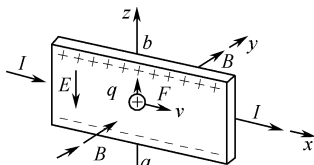


图 3-7-5

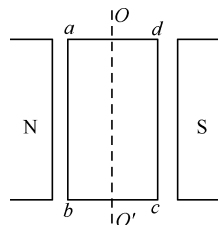


图 3-7-6

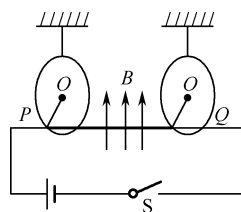


图 3-7-7

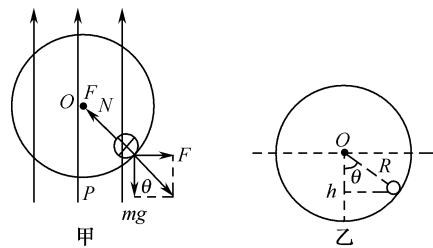


图 3-7-8

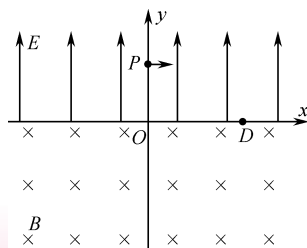


图 3-7-9

沿 y 方向做初速度为 0 的匀加速直线运动, 则 $h = \frac{1}{2}at^2$ ②

加速度 $a = \frac{qE}{m}$ ③

粒子只在电场作用下直接到达 D 点的条件为 $x = d$ ④

解①②③④得 $v_0 = d\sqrt{\frac{qE}{2mh}}$

(2) 粒子在第二次经过 x 轴时到达 D 点, 其轨迹如图 3-7-10 所示。设粒子进入磁场的速度大小为 v , v 与 x 轴的夹角为 θ , 轨迹半径为 R , 则 $v\sin\theta = at$ ⑤

$qvB = m\frac{v^2}{R}$ ⑥

粒子第二次经过 x 轴时到达 D 点的条件为 $x - 2R\sin\theta = d$ ⑦

解①②③⑤⑥⑦得 $v_0 = d\sqrt{\frac{qE}{2mh} + \frac{2E}{B}}$

(3) 粒子在从电场进入磁场时到达 D 点, 其轨迹如图 3-7-11 所示。

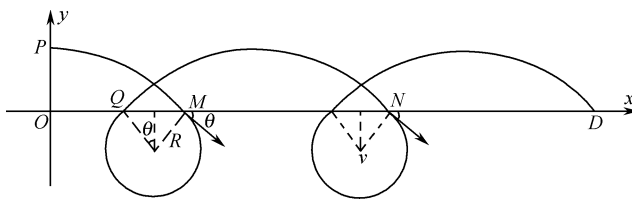


图 3-7-11

根据运动对称性可知 $QN = 2OM = 2x$

粒子在从电场进入磁场时到达 D 点的条件为 $x + n(2x - 2R\sin\theta) = d$ ⑧

其中 n 为非负整数。解①②③⑤⑥⑧得 $v_0 = \frac{d}{2n+1}\sqrt{\frac{qE}{2mh}} + \frac{2n}{2n+1} \cdot \frac{E}{B}$

【答案】(1) $d\sqrt{\frac{qE}{2mh}}$ (2) $d\sqrt{\frac{qE}{2mh} + \frac{2E}{B}}$ (3) $\frac{d}{2n+1}\sqrt{\frac{qE}{2mh}} + \frac{2n}{2n+1} \cdot \frac{E}{B}$

【例 4】1932 年, 劳伦斯和利文斯设计出了回旋加速器。回旋加速器的工作原理如图 3-7-12 所示, 置于高真空中的 D 形金属盒半径为 R , 两盒间的狭缝很小, 带电粒子穿过的时间可以忽略不计, 磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直。A 处粒子源产生的粒子, 质量为 m 、电荷量为 $+q$, 在加速器中被加速, 加速电压为 U 。加速过程中不考虑相对论效应和重力作用。

(1) 求粒子第 2 次和第 1 次经过两 D 形盒间狭缝后轨道半径之比;

(2) 求粒子从静止开始加速到出口处所需的时间 t ;

(3) 实际使用中, 磁感应强度和加速电场频率都有最大值的限制。若某一加速器磁感应强度和加速电场频率的最大值分别为 B_m 、 f_m , 试讨论粒子所能获得的最大动能 E_{km} 。

【解答】(1) 设粒子第 1 次经过狭缝后的半径为 r_1 , 速度为 v_1 , $qU = \frac{1}{2}mv_1^2$, $qv_1B = m\frac{v_1^2}{r_1}$, 解得 $r_1 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 。同理, 粒子第 2 次经过狭缝后的半径 $r_2 = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{4mU}{q}}$, 则 $r_2:r_1 = \sqrt{2}:1$ 。

(2) 设粒子到出口处被加速了 n 圈, $2nqU = \frac{1}{2}mv^2$, $qvB = m\frac{v^2}{R}$, $T = \frac{2\pi m}{qB}$, $t = nT$, 解得 $t = \frac{\pi BR^2}{2U}$ 。

(3) 加速电场的频率应等于粒子在磁场中做圆周运动的频率, 即 $f = \frac{qB}{2\pi m}$ 。

当磁感应强度为 B_m 时, 加速电场的频率应为 $f_{Bm} = \frac{qB_m}{2\pi m}$ 。

粒子的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$,

当 $f_{Bm} \leq f_m$ 时, 粒子的最大动能由 B_m 决定, $qv_mB_m = m\frac{v_m^2}{R}$, 解得 $E_{km} = \frac{q^2 B_m^2 R^2}{2m}$

当 $f_{Bm} \geq f_m$ 时, 粒子的最大动能由 f_m 决定, $v_m = 2\pi f_m R$, 解得 $E_{km} = 2\pi^2 m f_m^2 R^2$

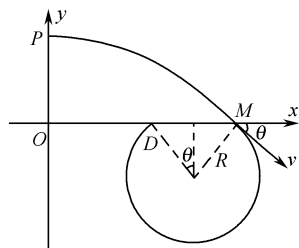


图 3-7-10

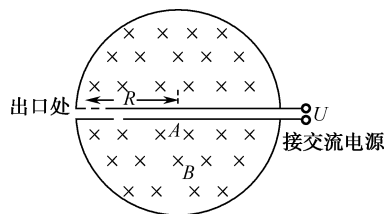


图 3-7-12

【答案】(1) $\sqrt{2}:1$ (2) $\frac{\pi BR^2}{2U}$ (3) 见解析

【例5】如图3-7-13甲所示,两平行金属板间接有如图乙所示的随时间 t 变化的交流电压 u 。金属板间电场可看做均匀,且两板外无电场,板长 $L=0.2\text{m}$,板间距离 $d=0.1\text{m}$ 。在金属板右侧有一边界为 MN 、区域足够大的匀强磁场, MN 与两板中线 OO' 垂直,磁感应强度 $B=5\times 10^{-3}\text{T}$,方向垂直纸面向里。现有带正电的粒子流沿两板中线 OO' 连续射入电场中,已知每个粒子的速度 $v_0=10^5\text{m/s}$,比荷 $\frac{q}{m}=10^8\text{C/kg}$,重力忽略不计,在每个粒子通过电场区域的极短时间内,电场可视为恒定不变。求:

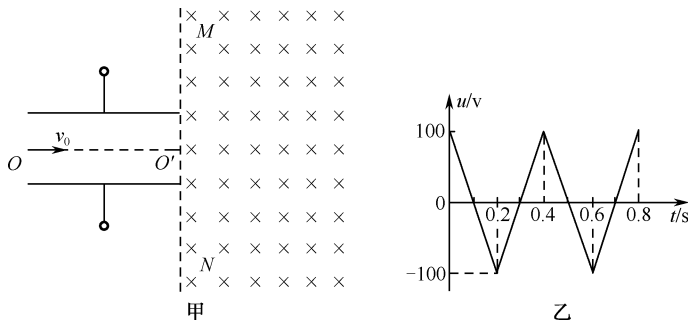


图 3-7-13

- (1) 带电粒子刚好从极板边缘射出时两金属板间的电压;
- (2) 带电粒子进入磁场时粒子的最大速度;
- (3) 证明:任意时刻从电场射出的带电粒子,进入磁场时在 MN 上的入射点和出磁场时在 MN 上的出射点间的距离为定值,并计算出两点间的距离。

【解答】(1) 设带电粒子刚好从极板边缘射出电场时电压为 U ,则有 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \frac{qU}{dm} \left(\frac{L}{v_0} \right)^2$,所以 $U=25\text{V}$ 。

(2) 由动能定理, $q \frac{U}{2} = \frac{1}{2} mv_{\max}^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$,得 $v_{\max} = 5\sqrt{5} \times 10^4\text{m/s}$ 。

(3) 设带电粒子进入磁场时速度方向与水平方向的夹角为 θ ,则进入磁场后入射点和出射点之间的距离为 $l = 2R \cos \theta = 2 \frac{mv}{qB} \cos \theta = 2 \frac{m}{qB} v_0$,为定值。

【答案】(1) 25V (2) $5\sqrt{5} \times 10^4\text{m/s}$ (3) 见解析

模块测试 1

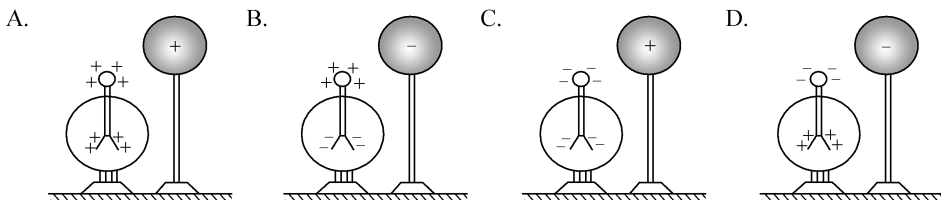
总分 100 分,考试时间 100 分钟

一、本题共 15 小题,在每小题给出的四个选项中,只有一个选项是符合题意的。(每小题 2 分,共 30 分)

1. 在电场中某点放一检验电荷,其电量为 q ,检验电荷受到的电场力为 F ,则该点电场强度为 $E = \frac{F}{q}$,那么下列说法正确的是()
- A. 若移去检验电荷 q ,该点的电场强度就变为零
- B. 若在该点放一个电量为 $2q$ 的检验电荷,该点的电场强度就变为 $2E$
- C. 若在该点放一个电量为 $-q$ 的检验电荷,则该点场强的大小仍为 E ,但电场强度的方向变为原来相反的方向
- D. 若在该点放一个电量为 $-q$ 的检验电荷,则该点场强的大小仍为 E ,电场强度的方向也仍为原来的场强方向
2. 真空中有两个静止的点电荷,若它们的电荷量保持不变,而把它们之间的距离变为原来的 3 倍,则两电荷间的库仑力将变为原来的()

A. 9 倍 B. 3 倍 C. $\frac{1}{3}$ 倍 D. $\frac{1}{9}$ 倍

3. 使带电的金属球靠近不带电的验电器,验电器的箔片张开。下列各图表示验电器上感应电荷的分布情况,正确的是()



4. 如图试 1-1 所示的匀强电场中,一个电荷量为 q 的正点电荷,沿电场线方向从 A 点运动到 B 点, A 、 B 两点间的距离为 d 。在此过程中电场力对电荷所做的功为 W ,则 A 点的电场强度大小为()

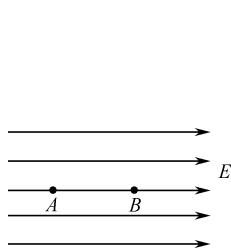
A. $\frac{Wd}{q}$ B. qWd C. $\frac{W}{qd}$ D. $\frac{qd}{W}$

5. 某静电场的电场线分布如图试 1-2 所示,图中 P 、 Q 两点的电场强度大小分别为 E_P 和 E_Q ,电势分别为 φ_P 和 φ_Q ,则()

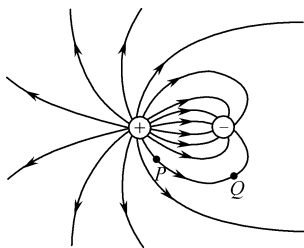
A. $E_P > E_Q, \varphi_P > \varphi_Q$ B. $E_P > E_Q, \varphi_P < \varphi_Q$ C. $E_P < E_Q, \varphi_P > \varphi_Q$ D. $E_P < E_Q, \varphi_P < \varphi_Q$

6. 在如图试 1-3 所示的电路中,已知电源的电动势 $E = 1.5\text{V}$,内电阻 $r = 1.0\Omega$,电阻 $R = 2.0\Omega$,闭合开关 S 后,电路中的电流 I 等于()

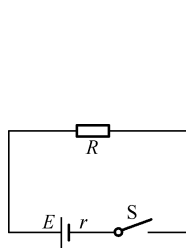
A. 4.5A B. 3.0A C. 1.5A D. 0.5A



图试 1-1



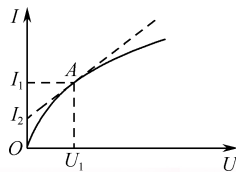
图试 1-2



图试 1-3

7. 如图试 1-4 所示为一小灯泡的伏安特性曲线,横轴和纵轴分别表示电压 U 和电流 I 。图线上点 A 的坐标为 (U_1, I_1) ,过点 A 的切线与纵轴交点的纵坐标为 I_2 。则小灯泡两端电压为 U_1 时,电阻等于()

A. $\frac{I_1}{U_1}$ B. $\frac{U_1}{I_1}$ C. $\frac{U_1}{I_2}$ D. $\frac{U_1}{(I_1 + I_2)}$



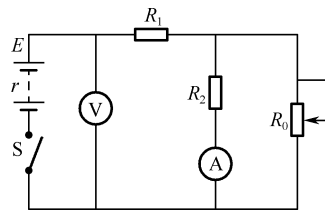
图试 1-4

8. 一根粗细均匀、阻值为 R ,电阻率为 ρ 的电阻丝,保持温度不变,若先将它等分成 4 段,每段电阻为 R_1 ,再将这 4 段电阻丝并联,并联后总电阻为 R_2 ,则 R_1 、 R_2 与 ρ 的大小依次为()

- A. $\frac{R}{4}, \frac{R}{16}, \frac{\rho}{16}$ B. $4R, 16R, \rho$ C. $4R, 16R, \frac{\rho}{16}$ D. $\frac{R}{4}, \frac{R}{16}, \rho$

9. 如图试 1-5 所示电路,电源内阻不可忽略。开关 S 闭合后,在变阻器 R_0 的滑动端向下滑动的过程中()

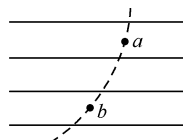
- A. 电压表与电流表的示数都减小
B. 电压表与电流表的示数都增大
C. 电压表的示数增大,电流表的示数减小
D. 电压表的示数减小,电流表的示数增大



图试 1-5

10. 如图试 1-6 所示,平行的实线表示一簇方向未知的电场线,虚线表示一个带电粒子穿越电场时的运动轨迹,若带电粒子只受电场力作用,下列判断正确的是()

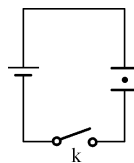
- A. 电场强度方向一定是向右
B. 该粒子一定是带负电
C. 该粒子一定是由 a 向 b 运动
D. 粒子在 a 点的动能一定小于 b 点的动能



图试 1-6

11. 如图试 1-7 所示,两板间距为 d 的平行板电容器与电源连接,开始时电键 k 闭合,电容器两板间有一质量为 m ,带电量为 q 的微粒静止不动,则下列各叙述中正确的是()

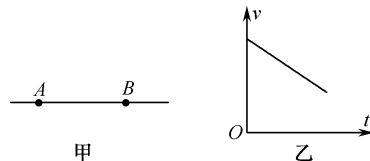
- A. 微粒带的是正电
B. 电源提供的电压为 $\frac{mgd}{q}$
C. 若断开电键 k,微粒将向下做加速运动
D. 保持电键 k 闭合,把电容器两板距离增大,微粒将仍然静止



图试 1-7

12. 如图试 1-8 所示,甲是某电场中的一条电场线,A、B 是这条线上的两点。某正电荷只在电场力作用下,沿电场线从 A 运动到 B。在这一过程中,电荷的速度-时间图线如图乙所示。比较 A、B 两点的电势 φ 的高低和电场强度 E 的大小,下述正确的是()

- A. $\varphi_A < \varphi_B, E_A > E_B$
B. $\varphi_A > \varphi_B, E_A = E_B$
C. $\varphi_A > \varphi_B, E_A > E_B$
D. $\varphi_A < \varphi_B, E_A = E_B$

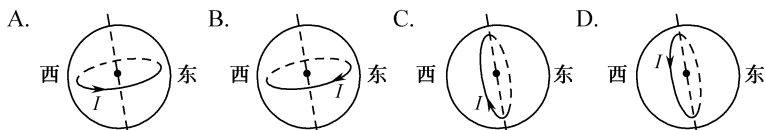


图试 1-8

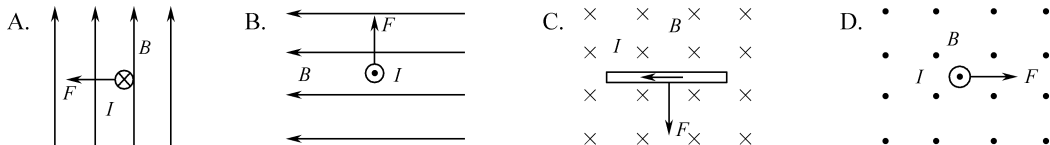
13. 在磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$ 中,有关各物理量间的关系,下列说法中正确的是()

- A. B 由 F, I 和 L 决定 B. F 由 B, I 和 L 决定
C. I 由 B, F 和 L 决定 D. L 由 B, F 和 I 决定

14. 为了解释地球的磁性,19 世纪安培假设:地球的磁场是由绕过地心的轴环形电流 I 引起的。在下列四个图中,正确表示安培假设中环形电流方向的是()

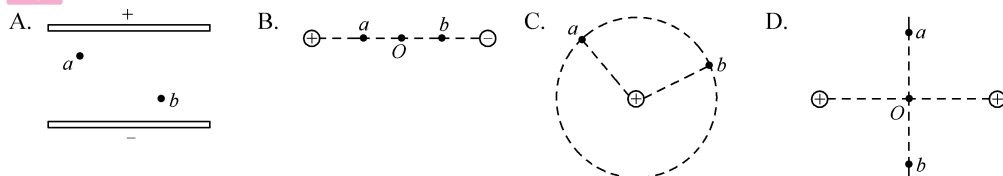


15. 在下列各图中,分别标出了磁场 B 的方向,电流 I 的方向和导线所受安培力 F 的方向,其中正确的是()



二、本题共 3 小题,在每小题给出的四个选项中,至少有一个选项是符合题意的。(每小题 3 分,共 9 分。每小题全选对的得 3 分,选对但不全的得 2 分,只要有选错的该小题不得分)

16. 下列图中,A 图为平行板电容器内部电场;B 图为等值异种点电荷的电场,其中 O 为两点电荷连线的中点且 $Oa = Ob$;C 图为孤立正点电荷的电场, a, b 为以点电荷为圆心的圆上的点;D 图为等量正点电荷的电场, a, b 为两点电荷连线的中垂线上的点,且 $Oa = Ob$ 。则四幅图中 a, b 两点的电场强度相同但电势不同的是()

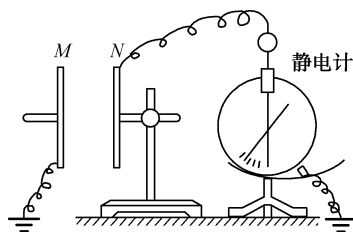


17. 一个微型吸尘器的直流电动机的额定电压为 U , 额定电流为 I , 线圈电阻为 R , 将它接在电动势为 E , 内阻为 r 的直流电源的两极间, 电动机恰好能正常工作, 则()

- A. 电动机消耗的总功率为 UI B. 电动机消耗的热功率为 $\frac{U^2}{R}$
C. 电源的输出功率为 EI D. 电源的效率为 $1 - \frac{Ir}{E}$

18. 如图试 1-9 所示, 由两块相互靠近正对的平行金属板组成的平行板电容器, 极板 N 与静电计相接, 极板 M 接地。用静电计测量平行板电容器两极板间的电势差 U 。在两板相距一定距离 d 时, 给电容器充电, 静电计指针张开一定角度。在整个实验过程中, 保持电容器所带电量 Q 不变, 下面哪些操作将使静电计指针张角变大()

- A. 将 M 板竖直向下平移一小段距离 B. 将 M 板沿水平向左方向远离 N 板
C. 在两板之间插入云母板 (介电常数 $\epsilon > 1$) D. 将 M 板向里与 N 板错开一些



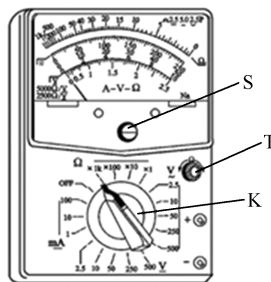
图试 1-9

三、实验题 (每空 2 分, 共 34 分)

19. 某同学在测量电阻时, 需要将一块满偏电流为 1mA 、内阻值为 30Ω 的小量程电流表 G 改装成量程为 3V 的电压表, 则需要选择一个阻值为 $\underline{\hspace{2cm}}\Omega$ 的电阻与这一电流表 $\underline{\hspace{2cm}}$ (选填“串”、“并”) 联。
20. 用如图试 1-10 所示的多用电表测量电阻, 要用到选择开关 K 和两个部件 S 、 T 。

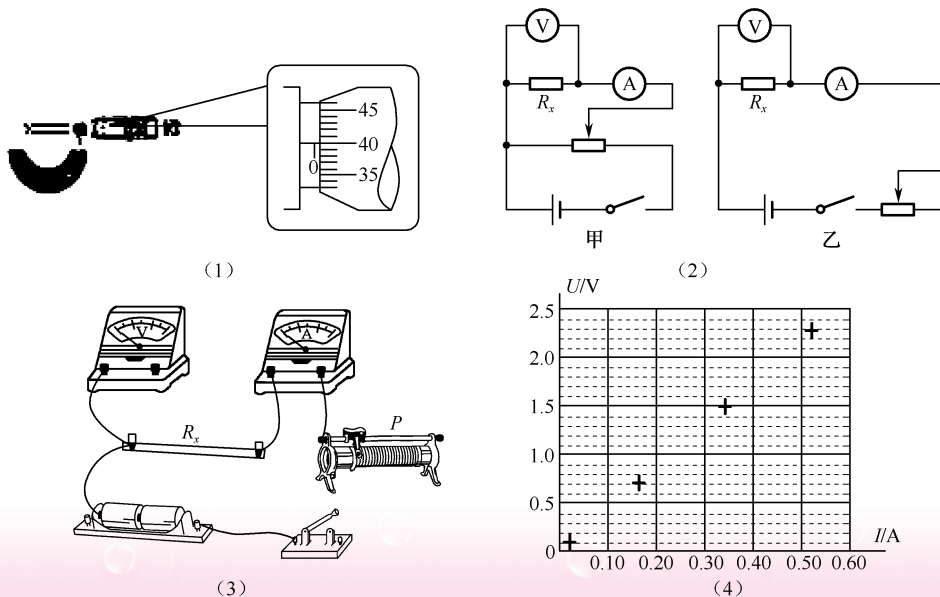
请根据下列步骤完成电阻测量:

- ① 旋动部件 $\underline{\hspace{2cm}}$, 使指针对准电流的“0”刻线。
 - ② 将 K 旋转到电阻挡“ $\times 100$ ”的位置。
 - ③ 将插入“+”、“-”插孔的表笔短接, 旋动部件 $\underline{\hspace{2cm}}$, 使指针对准电阻的 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“0 刻线”或“ ∞ 刻线”)。
 - ④ 将两表笔分别与待测电阻相接, 发现指针偏转角度过小, 为了得到比较准确的测量结果, 请从下列选项中挑出合理的步骤, 并按 $\underline{\hspace{2cm}}$ 的顺序进行操作, 再完成读数测量。
- A. 将 K 旋转到电阻挡“ $\times 1\text{k}$ ”的位置
B. 将 K 旋转到电阻挡“ $\times 10$ ”的位置
C. 将两表笔的金属部分分别与被测电阻的两根引线相接
D. 将两表笔短接, 旋动合适部件, 对电表进行校准



图试 1-10

21. 在“测量金属的电阻率”实验中, 所用测量仪器均已校准, 待测金属丝接入电路部分的长度约为 50cm 。



图试 1-11

(1) 用螺旋测微器测量金属丝的直径,其中某一次测量结果如图试 1-11(1) 所示,其读数为 _____ mm (该值接近多次测量的平均值)。

(2) 用伏安法测金属丝的电阻 R_x 。实验所用器材为:电池组(电动势 3V,内阻约 1Ω)、电流表(内阻约 0.1Ω)、电压表(内阻约 $3k\Omega$)、滑动变阻器($0 \sim 20\Omega$,额定电流 2A),开关、导线若干。某小组同学利用以上器材正确连接好电路,进行实验测量,记录数据如表试 1-1:

表试 1-1

次数	1	2	3	4	5	6	7
U/V	0.10	0.30	0.70	1.00	1.50	1.70	2.30
I/A	0.020	0.060	0.160	0.220	0.340	0.460	0.520

由以上实验数据可知,他们测量 R_x 采用的是图(2)中的 _____ 电路(选填“甲”、“乙”)。

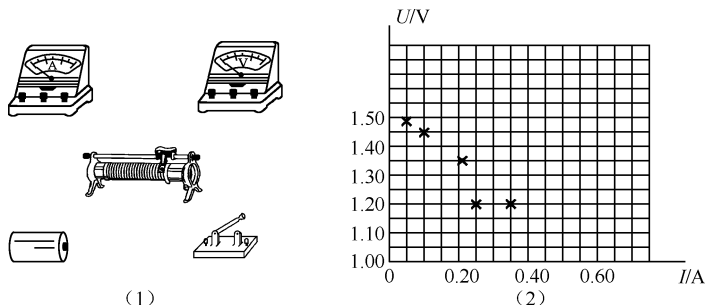
(3) 图(3)是测量 R_x 的实验器材实物图,图中已连接了部分导线,滑动变阻器滑片 P 置于变阻器的一端。请根据第(2)问所选的电路图,补充完图(4)中实物间的连线。

(4) 这个小组的同学在坐标纸上建立 $U-I$ 坐标系,如图(4)所示,图中已标出了与测量数据对应的 4 个坐标点。请在图(4)中标出第 2、4、6 次测量数据的坐标点,描绘出 $U-I$ 图线。由图线得到金属丝的电阻的测量值 $R_x =$ _____ Ω (保留两位有效数字)。

(5) 根据以上数据可以估算出金属丝电阻率约为 _____ (填选项前的符号)。

A. $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot m$ B. $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$ C. $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ D. $1 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$

22. 测量干电池电动势和内阻的实验器材如图试 1-12(1) 所示。



图试 1-12

(1) 请用实线表示导线,将图(1)中器材连成实验用电路。

(2) 某组同学实验中,得到如图(2)所示数据,请你选择恰当的数据处理方法,求出该电源的电动势和内阻, $E =$ _____ V; $r =$ _____ Ω 。

23. 某同学用伏安法测量一个未知电阻 R_x 的阻值(阻值大约为 6Ω 左右),除被测电阻外,还有如下实验器材:

- A. 学生电源:直流稳压 3V
- B. 电流表 A:量程 $0 \sim 0.6A$,内阻约为 0.125Ω
- C. 电压表 V:量程 $0 \sim 3V$,内阻约为 $3k\Omega$
- D. 滑动变阻器:最大阻值 20Ω
- E. 开关、导线等

(1) 请根据所提供的器材,在下面的方框中画出合理的实验电路图。

(2) 这种连接方法属于电流表 _____ (填“内接”或“外接”);测量的电阻值比真实电阻值偏 _____ (填“大”或“小”)

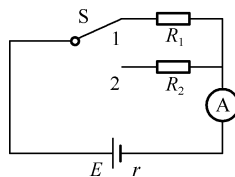
四、论述、计算题(共 27 分) 解题要求:写出必要的文字说明、方程式、演算步骤和答案。有数值计算的题,答案必须明确写出数值和单位。

24. (5 分) (2014 秋·北京校级期中) 电场中有 a 、 b 两点,将一个电荷量为 $q_1 = 2 \times 10^{-8} C$ 的正电荷从 a 点移到 b 点,电场力做功 $W_1 = 4 \times 10^{-6} J$ 。

(1) 求 a 、 b 两点的电势差 U_{ab} 。

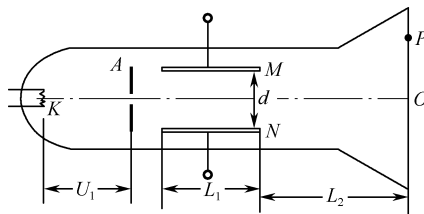
(2) 若将电荷量为 $q_2 = -8 \times 10^{-7} C$ 的负电荷从 a 点移到 b 点,求电场力所做的功 W_2 和其电势能的变化值。

25. (5分) 如图试 1-13 所示的电路中, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ 。当开关 S 切换到位置 1 时, 电流表的示数为 $I_1 = 0.5\text{A}$; 当开关 S 扳到位置 2 时, 电流表的示数为 $I_2 = 0.75\text{A}$ 。求电源的电动势和内阻。



图试 1-13

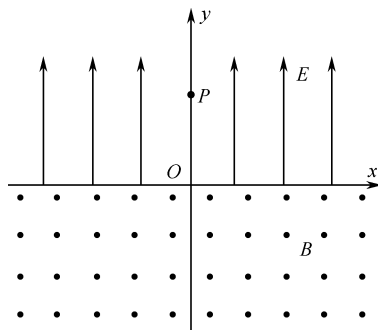
26. (8分) 如图试 1-14 所示为一真空示波管, 电子从灯丝 K 发出 (初速度不计), 经灯丝与 A 板间的加速电压 U_1 加速, 从 A 板中心孔沿中心线 KO 射出, 然后进入两块平行金属板 M、N 形成的偏转电场中 (偏转电场可视为匀强电场), 电子进入 M、N 间电场时的速度与电场方向垂直, 电子经过电场后打在荧光屏上的 P 点。已知加速电压为 U_1 , M、N 两板间的电压为 U_2 , 两板间的距离为 d , 板长为 L_1 , 金属板右端到荧光屏的距离为 L_2 , 电子的质量为 m , 电荷量为 e 。求:



图试 1-14

- (1) 电子穿过 A 板时的速度大小;
- (2) 电子从偏转电场射出时的侧移量;
- (3) P 点到 O 点的距离。

27. (9分) 如图试 1-15 所示, 在 $y > 0$ 的空间中存在匀强电场, 场强方向沿 y 轴正方向, 场强大小为 E 。在 $y < 0$ 的空间中存在匀强磁场, 磁场方向垂直 xOy 平面 (纸面) 向外, 磁感应强度大小为 B 。一电量为 q 、质量为 m 、重力不计的带负电的粒子, 在 y 轴上 $y = L$ 处的 P 点由静止释放, 然后从 O 点进入匀强磁场。已知粒子在 $y < 0$ 的空间运动时一直处于磁场区域内, 求:



图试 1-15

- (1) 粒子到达 O 点时速度大小 v ;
- (2) 粒子经过 O 点后第一次到达 x 轴上 Q 点 (图中未画出) 的横坐标 x_0 ;
- (3) 粒子从 P 点出发第一次到达 x 轴上 Q 点所用的时间 t 。

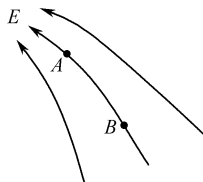
模块测试 2

总分 100 分,考试时间 100 分钟

一、单项选择题. 本题共 12 小题,每小题 3 分,共 30 分。在每小题给出的四个选项中,只有一个选项符合题意,选对得 3 分,选错或不答的得 0 分。

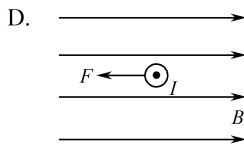
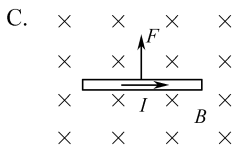
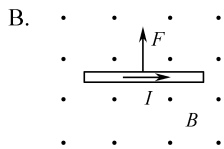
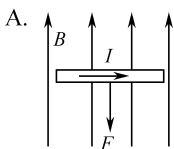
1. 电场中某区域的电场线分布如图试 2-1 所示, A 、 B 是电场中的两点。用 E_A 和 E_B 分别表示 A 、 B 两点电场强度的大小; F_A 和 F_B 分别表示某一个点电荷先后放在 A 、 B 两点,它所受的电场力的大小,则下列关系正确的是()

A. $E_A > E_B, F_A > F_B$ B. $E_A > E_B, F_A < F_B$
C. $E_A < E_B, F_A > F_B$ D. $E_A < E_B, F_A < F_B$



图试 2-1

2. 在下列四个图中,标出了匀强磁场的磁感应强度 B 的方向、通电直导线中电流 I 的方向以及通电直导线所受安培力 F 的方向,其中正确表示三者方向关系的图是()

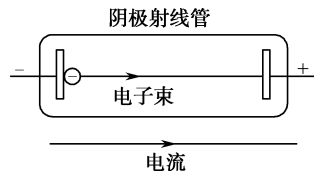


3. 在磁感应强度为 $2.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ 的匀强磁场中,放一个面积是 $5.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 的导线环。当环面与磁场方向垂直时,穿过导线环的磁通量等于()

A. $4.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ B. $2.5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ C. $1.5 \times 10^{-3} \text{ Wb}$ D. $1.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$

4. 如图试 2-2 所示,在阴极射线管正下方平行放置一根通有足够强直流电流的长直导线,且导线中电流方向水平向右,则阴极射线将会()

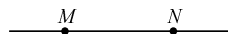
A. 向上偏转 B. 向下偏转
C. 向纸内偏转 D. 向纸外偏转



图试 2-2

5. 如图试 2-3 所示, MN 是电场中某一条电场线上的两点,若将正电荷由 M 移到 N 时,静电力做负功,下列说法中正确的是()

A. M 点的电势大于 N 点的电势 B. 电场线的方向从 N 指向 M
C. M 点的场强大于 N 点的场强 D. M 点的场强等于 N 点的场强



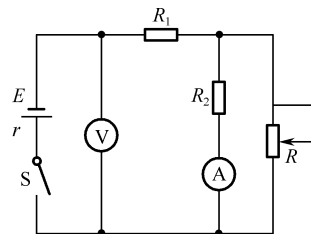
图试 2-3

6. 下列说法正确的是()

A. 若电量为 q 的带电粒子在匀强电场中所受的电场力为 F ,则场强一定为 $E = \frac{F}{q}$
B. 若匀强电场中 A 、 B 两点间的距离为 d ,两点间电势差为 U ,则场强一定为 $E = \frac{U}{d}$
C. 将长度为 L 、电流为 I 的通电直导线放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,则导线所受的安培力一定为 $F = BIL$
D. 将面积为 S 的矩形线框,放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中,通过线框的磁通量一定为 $\Phi = BS$

7. 如图试 2-4 所示电路,电源内阻不可忽略,开关 S 闭合后,在变阻器 R 的滑动触头向下滑动的过程中,关于电压表与电流表的示数的判断,正确的是()

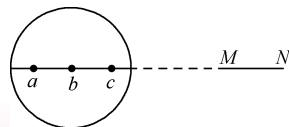
A. 电压表与电流表的示数都增大
B. 电压表与电流表的示数都减小
C. 电压表的示数增大,电流表的示数减小
D. 电压表的示数减小,电流表的示数增大



图试 2-4

8. 一金属球,原来不带电,现沿球的直径的延长线放置一均匀带电的细杆 MN ,如图试 2-5 所示。金属球上感应电荷产生的电场在球内直径上 a 、 b 、 c 三点的场强大小分别为 E_a 、 E_b 、 E_c ,三者相比()

A. E_a 最大
B. E_b 最大
C. E_c 最大
D. $E_a = E_b = E_c$



图试 2-5

9. 如图试 2-6 所示电路,电源电动势为 E ,内阻为 r 。当开关 S 闭合后,小型直流电动机 M 和

指示灯 L 都恰好能正常工作。已知指示灯 L 的电阻为 R_0 , 额定电流为 I , 电动机 M 的线圈电阻为 R , 则下列说法中正确的是()

- A. 电动机的额定电压为 IR
 B. 电动机的输出功率为 $I^2 R$
 C. 电源的输出功率为 $IE - I^2 r$
 D. 整个电路的热功率为 $I^2 (R_0 + r)$

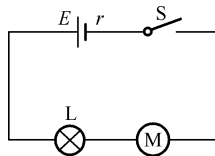


图 2-6

10. 如图 2-7 中的实线是一簇未标明方向的匀强电场的电场线, 虚线是一带电粒子通过该电场区域时的运动轨迹, a 、 b 是轨迹上的两点。若带电粒子在运动中只受电场力作用, 则根据此图可知

- ① 带电粒子所带电荷的符号
 ② 带电粒子在 a 、 b 两点的受力方向
 ③ 带电粒子在 a 、 b 两点的速度何处较大
 ④ 带电粒子在 a 、 b 两点的电势能何处较大
 ⑤ a 、 b 两点中哪点的电势较高

以上判断正确的是()

- A. ①②⑤ B. ②③④ C. ③④⑤ D. ①③⑤

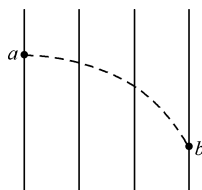


图 2-7

11. 平行板电容器的电容为 C , 电荷量为 Q , 极板间的距离为 d , 在两极板间的中点放一电荷量很小的点电荷 q , 它所受的电场力大小等于()

- A. $8kq \frac{Q}{d^2}$ B. $4kq \frac{Q}{d^2}$ C. $2q \frac{Q}{Cd}$ D. $q \frac{Q}{Cd}$

12. 如图 2-8 所示, 电子在电势差为 U_1 的加速电场中由静止开始运动, 然后射入电势差为 U_2 的两块平行极板间的偏转匀强电场中, 在满足电子能射出平行极板区的条件下, 下述四种情况中, 一定能使电子的偏转角 θ 变大的是()

- A. U_1 变大、 U_2 变大 B. U_1 变小、 U_2 变大
 C. U_1 变大、 U_2 变小 D. U_1 变小、 U_2 变小

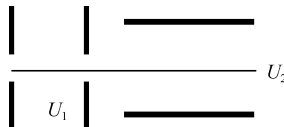
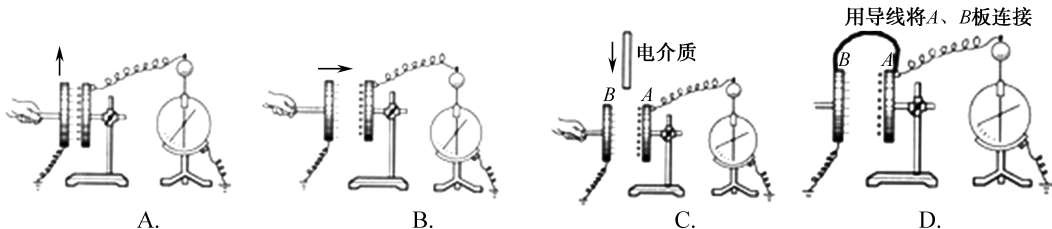


图 2-8

二、不定项选择题. 本题共 4 小题, 每小题 4 分, 共 16 分

13. (4 分) 如下操作中, 能使静电计的指针张角变小的是()



14. (4 分) 图 2-9 中 a 、 b 为竖直向上的电场线上的两点, 一带电质点在 a 点静止释放, 沿电场线向上运动, 到 b 点恰好速度为零, 下列说法中正确的是()

- A. 带电质点在 a 点的电势能比在 b 点的电势能小
 B. a 点的电势比 b 点的电势高
 C. 带电质点在 a 、 b 两点所受的电场力都是竖直向上的
 D. a 点的电场强度比 b 点的电场强度大



图 2-9

15. (4 分) 图 2-10 为某磁谱仪部分构件的示意图。图中, 永磁铁提供匀强磁场, 硅微条径迹探测器可以探测粒子在其中运动的轨迹。现有大量电子、质子、氦核(${}^2_1\text{H}$)、氦核(${}^4_2\text{He}$), 当这些粒子从上部垂直进入磁场时, 下列说法正确的是()

- A. 电子与质子的偏转方向一定不同
 B. 氦核与氦核在磁场中运动轨迹的半径一定相同
 C. 氦核与氦核在磁场中运动的周期一定相同
 D. 若氦核与氦核进入磁场时的动能相同, 它在磁场中运动轨迹的半径就相同



图 2-10

16. (4 分) 利用霍尔效应测量磁感应强度的原理如图 2-11 所示, 元件中通以 x 正方向的电流 I , 置于沿 z 轴方向的磁场中, 其前、后表面垂直于 z 轴, 在元件上、下表面之间产生电势差 U 。若磁感应强度 $B = B_0 + kz$ (B_0 、 k 均为常数), 由于沿 z 轴方向位置不同, 电势差 U 也不同, 则()

- A. 若该元件的载流子是电子, 则下表面电势高
 B. 如果电流 I 不变, 电势差 U 越大, 该处磁感应强度 B 越大

C. 在 z 轴上某一位置处, 电流 I 越大, 元件上、下表面间的电势差 U 越大

D. k 越大, 在 z 轴上两不同位置上测得的电势差 U 的差值越大

三、填空题。本题共 3 小题, 共 10 分。

17. (2 分) 对于同一个物理问题, 常常可以从宏观和微观两个不同角度进行研究, 找出其内在联系, 从而更加深刻地理解其物理本质。一段横截面积为 S , 长为 l 的直导线, 单位体积内有 n 个自由电子, 电子电量为 e , 该导线通有电流时, 假设自由电子定向移动的速率均为 v , 试用上述各物理量或部分物理量的推导量, 求导线中的电流 $I =$ _____。

18. (4 分) 将一个枕形金属导体 AB 放一绝缘底座上, 现将一带正电的物体 C 靠近 AB 的左端, 如图试 2-12 所示, 则在枕形导体的 A 端将感应出 _____ 电荷 (选填“正”或“负”), 导体内部 O 点的电场强度为 _____。

19. (4 分) 如果电流表 G 的满偏电流为 $100\mu\text{A}$, 测定的内阻为 $1\text{k}\Omega$, 现在要将它改装成量程为 $0 \sim 5\text{V}$ 的电压表, 那么改装的方法是电流表 G _____ 联一个阻值为 _____ Ω 的电阻。

四、实验题。本题共 1 小题, 共 12 分。

20. (12 分) 在“测定金属丝的电阻率”实验中, 待测金属丝接入电路部分的长度约为 50cm 。

(1) 用螺旋测微器测量金属丝的直径, 其中某一次测量结果如图试 2-13(1) 所示, 其读数为 _____ mm 。

(2) 用伏安法测金属丝的电阻 R_x 。

实验所用器材为: 电池组 (电动势为 3V , 内阻约 1Ω)、电流表 (内阻约 0.1Ω)、电压表 (内阻约 $3\text{k}\Omega$)、滑动变阻器 R ($0 \sim 20\Omega$, 额定电流 2A)、开关、导线若干。

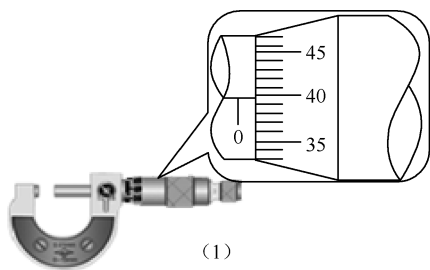
某小组同学利用以上器材正确连接好电路, 进行实验测量, 记录数据如表试 2-1:

表试 2-1

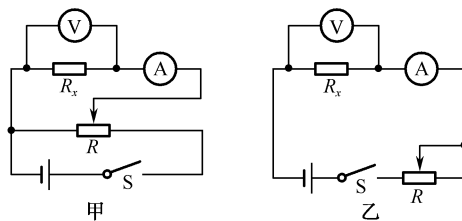
次数	1	2	3	4	5	6	7	8
U/V	0	0.10	0.30	0.70	1.00	1.50	1.70	2.30
I/A	0	0.020	0.060	0.160	0.220	0.340	0.460	0.520

由以上数据可知, 他们测量 R_x 是采用图(2)中的 _____ 图 (选填“甲”或“乙”)。

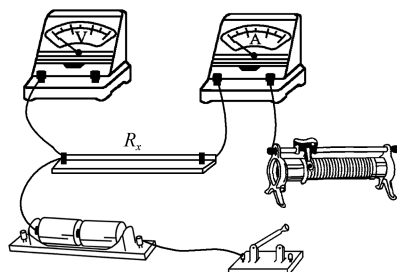
(3) 图(3)是测量 R_x 的实验器材实物图, 图中已连接了部分导线, 滑动变阻器的滑片 P 置于变阻器的左端。请根据图(2)所选的电路图, 在图(3)中补充完成该组同学实验时实物间的连线, 并使闭合开关时, 电压表或电流表不至于被烧坏。



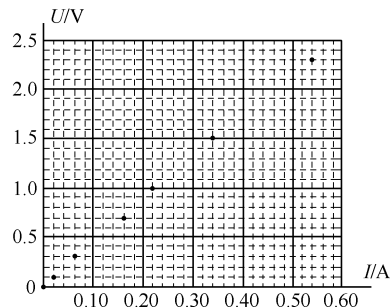
(1)



(2)



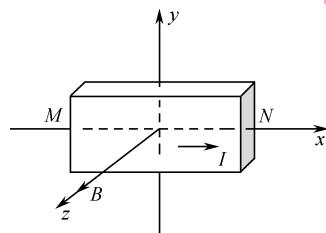
(3)



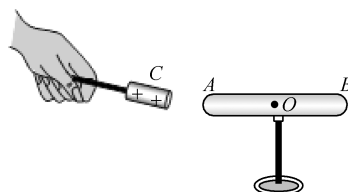
(4)

图试 2-13

(4) 该组同学在坐标纸上建立 $U-I$ 坐标系, 如图(4)所示, 图中已标出了测量数据对应的 7 个坐标点。请在图(4)中标



图试 2-11



图试 2-12

出第7次测量数据坐标点,并描绘出 $U-I$ 图线,由图线得到金属丝的阻值 $R_x = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (保留两位有效数字)。

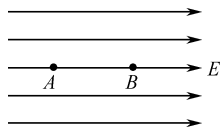
(5) 根据以上数据可以估算出金属丝的电阻率约为 $\underline{\hspace{2cm}} \Omega \cdot \text{m}$ (填选项前的符号)。

- A. 1×10^{-2} B. 1×10^{-3} C. 1×10^{-6} D. 1×10^{-8}

五、论述计算题。本题共4小题,共32分,解答时写出必要的文字说明、公式或表达式。有数值计算的题,答案必须明确写出数值和单位。

21. (7分) 如图试 2-14 所示,匀强电场的场强 $E = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$,沿电场线方向有 A 、 B 两点, A 、 B 两点间的距离 $d = 0.2 \text{ m}$ 。将电荷量 $q = +2 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的点电荷从 A 点移至 B 点。求:

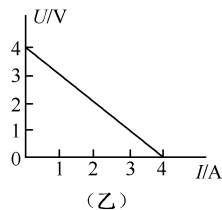
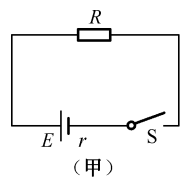
- (1) 电荷所受电场力 F 的大小;
- (2) A 、 B 两点间电势差 U ;
- (3) 电荷从 A 点移至 B 点的过程中,电场力所做的功 W 。



图试 2-14

22. (7分) 电路如图试 2-15 (甲) 所示,定值电阻 $R = 3 \Omega$,电源的路端电压 U 随电流 I 的变化图线如图 (乙) 所示。闭合电键 S ,求:

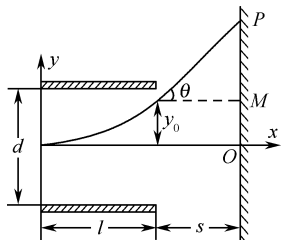
- (1) 电源的电动势 E 和内电阻 r ;
- (2) 电源的路端电压 U ;
- (3) 电源的输出功率 P 。



图试 2-15

23. (8分) 如图试 2-16 所示,水平放置的两块平行金属板长 $l = 5 \text{ cm}$,两板间距 $d = 1 \text{ cm}$,两板间电压为 $U = 90 \text{ V}$,且上板带正电,一个电子沿水平方向以速度 $v_0 = 2.0 \times 10^7 \text{ m/s}$,从两板中央射入,已知电子电量为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,质量为 $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。求:

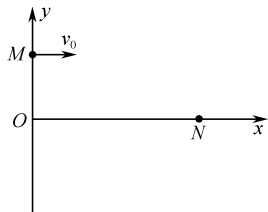
- (1) 电子偏离金属板的侧位移 y_0 是多少;
- (2) 电子飞出电场时的速度是多少;
- (3) 电子离开电场后,打在屏上的 P 点,若 $s = 10 \text{ cm}$,求 OP 的长。



图试 2-16

24. (10分) 如图试 2-17 所示,真空中有一直角坐标系 xOy , M 、 N 分别是 y 轴和 x 轴上的两点。该空间内有一匀强电场,方向沿 y 轴负方向。一质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子从 M 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向射出,恰能通过 N 点。已知 $OM = d$, $ON = 2d$,不计粒子重力。

- (1) 求该匀强电场场强 E 的大小;
- (2) 若撤去该匀强电场,在垂直于 xOy 平面加一匀强磁场,仍让这个带电粒子从 M 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向射出,粒子仍通过 N 点,求所加匀强磁场的磁感应强度 B 的大小和方向。



图试 2-17



答案与提示

第一章 静电场



第一节 电荷及其守恒定律

1. B

【解析】A、B 两物体均不带电,相互摩擦后 A 带负电荷,电荷量大小为 Q ,根据电荷守恒定律得 B 的带电情况是带正电荷,电荷量等于 Q 。故 ACD 错误,B 正确。

2. C

【解析】A. 自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷,故 A 不正确。

B. 物体带电是由于电荷的移动而导致的,因此带电量均是元电荷的整数倍关系。故 B 不正确。

C. 物体带电是由于电荷的移动而导致的,因此带电量均是元电荷的整数倍关系,所以只能是某特定的值。故 C 正确。

D. 物体的带电量都是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整数倍,故 D 不正确。

3. C

【解析】在干燥的天气中脱衣时,外衣与里面的衣服摩擦,使它们带有异种电荷,属于摩擦起电,电荷放电,发出啪啪声。

4. C

【解析】当带电的球靠近 AB 时,由于静电的感应,会使左端出现负电荷,右端出现正电荷。当把 AB 分开之后,A 就带了负电,B 就带了正电,因为本实验为物体感应起电,所以 C 正确。

5. B

【解析】由于同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引;故验电器的上端应带上与小球异号的电荷,而验电器的箔片上将带上与小球同号的电荷。

故只有 B 符合条件。

6. C

【解析】摩擦起电的实质是电子从一个物体转移到另一个物体,即说明了电荷可以从一个物体转移到另一个物体。摩擦起电现象说明机械能可以转化为电能,但并没有创造电荷,电荷只是发生转移。

感应起电过程是电荷在电场力作用下,从物体的一部分转移到另一个部分。或者是电荷从物体的一部分转移到另一个部分。电荷可以从带电的物体转移到原来不带电的物体是接触带电。故 C 正确,ABD 错误。

7. A

【解析】A、D 静电感应不是创造了电荷,而是电子从物体的一部分转移到另一部分引起的,A 正确,D 错误。

B、C 根据电荷守恒定律:电荷既不能被创造,也不能被消灭,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分,BC 错误。

8. BD

【解析】A. 元电荷是与质子的电荷量数值相等的电荷量,但不是质子。故 A 错误。

B. 元电荷是自然界最小的电量,其数值与电子的电荷量数值相等。故 B 正确。

C. 元电荷是与电子的电荷量数值相等的电荷量,但不是电子。故 C 错误。

D. 任何带电体所带电荷都等于元电荷或者是元电荷的整数倍。故 D 正确。

9. C

【解析】最小的电荷量是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$,我们把这个最小的电荷量叫做元电荷,任何物体的带电量都是元电荷或是元电荷的整数倍。

A. 由于 $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整数倍,故 A 错误。

B. $-6.4 \times 10^{-19} \text{ C}$ 是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的 4 倍,故 B 错误。

C. $2.4 \times 10^{-19} \text{ C}$ 是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的 1.5 倍,不是整数倍。故 C 正确。

D. $4 \times 10^{-17} \text{ C}$ 是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的 250 倍,故 D 错误。

10. C

【解析】A. 物体带电可能是得到电子,也可能是失去电子,故 A 错误。

B、C. 摩擦起电实质是电荷的转移,即电子从一个物体转移到另一个物体,故 B 错误,C 正确。

D. 元电荷是最小的带电体,所有物体的带电量都是它的整数倍,故 D 错误。

11. D

【解析】A. 元电荷是指最小的电荷量,不是指质子或者是电子,所以 A 错误。

B. 带电体的带电量一定是元电荷的整数倍,故 B 错误。

C. 元电荷是一个电荷量,不分正负;但并不是所有的点电荷均为元电荷,故 C 错误。

D. 电荷量 e 的数值最早是由美国科学家密立根用实验测得的,元电荷的值通常取做 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$,故 D 正确。

12. D

【解析】元电荷的电荷量为 $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。任何带电体所带电荷都是元电荷的整数倍,所以选项 D 正确。

13. A

【解析】 AB 相互吸引,又 A 带正电,说明 B 可能带负电,也可能不带电。而 BC 相互吸引,因此当 B 不带电时,则 C 一定带电,若 B 带负电,则 C 可能带正电,也可能不带电。但 C 和 A 间是相互吸引,因此 C 不可能带正电,所以 B 、 C 球中必有一个带负电,而另一个不带电,故 A 正确,BCD 错误。

14. C

【解析】 $A. 6.0 \times 10^{-5} \text{ C} + 4.0 \times 10^{-5} \text{ C} + 4.0 \times 10^{-5} \text{ C} = 1.4 \times 10^{-4} \text{ C} > 1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$,电量增加,故 A 错误。

B、C、D. 由于两个完全相同的金属球,接触后两个小球上的总电量均分,假设 A 与 B 先接触,接触后电量都是 $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$,然后 B (或 A) 与 C 接触,接触后的电量是 $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$,不可能比 $3 \times 10^{-5} \text{ C}$ 更小;然后 B 与 A 接触,分开后的电量是 $4.5 \times 10^{-5} \text{ C}$ 。故 BD 错误,C 正确。

15. ABD

【解析】A. 感应起电是利用静电感应,使电荷从物体的一部分转移到物体的另一部分的过程,故 A 正确。

B. 带电现象的本质是电子的转移,中性物体得到多余电子就一定带负电,失去电子就一定带正电,故 B 正确。

C. 摩擦起电是普遍存在的现象,相互摩擦的两个物体总是同时带等量异种电荷,故 C 错误。

D. 当一种电荷出现时,必然有等量异种电荷出现,当一种电荷消失时,必然有等量异种电荷同时消失,故 D 正确。

16. A

【解析】把 A 和 B 分开,再移走 C , A 和 B 由于感应起电带上异种电荷,由于同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,所以此时 A 带正电, B 带负电。

17. ABD

【解析】A. 验电器原先不带电,将甲导体靠近验电器的金属小球,若验电器的箔片张开,说明发生了静电感应,故甲一定带电,故 A 正确。

B. 根据同种电荷相斥,可知当两片金属箔张开的角度越大,被检验的带电体所带的电荷量越多,故 B 正确。

C. 使验电器原先带少量正电,将甲导体靠近验电器的金属小球,若验电器的箔片张角变小,则甲可能不带电或带负电,故 C 错误。

D. 使验电器原先带少量正电,将甲导体靠近验电器的金属小球,若验电器的箔片张角先变小到闭合,后又张开,说明甲带负电,异号电荷先吸引,箔片上的正电荷减少,然后负电荷增加,故 D 正确。

18. B

【解析】根据尖端放电原理可知,导体尖端的电荷特别密集,尖端附近的电场特别强。故 B 正确、ACD 错误。

19. C

【解析】丝绸与玻璃棒相互摩擦时,丝绸得到电子带负电,玻璃棒失去电子带正电,故丝绸的吸附电子能力大于玻

璃棒。

玻璃与塑料薄膜靠近时相互吸引,说明塑料薄膜带负电,即塑料薄膜的吸附电子能力大于丝绸,故吸附电子能力由强到弱的排列顺序是:塑料薄膜、丝绸、玻璃,此时使前面的材料跟后面的材料摩擦后,前者总是带负电。

20. D

【解析】原来金属导体 P 不带电,对外显电中性,金属导体 P 与带正电的物体接触时,带正电的物体夺得电子的本领大于不带电的金属导体。带正电的物体夺得电子,金属导体失去电子带正电。故 D 正确,ABC 错误。

21. D

【解析】任何带电体所带电荷都是基元电荷的整数倍,基元电荷电量是任何带电体电量的最小公约数。

22. A

【解析】蜜蜂在飞行中就可以吸引带正电的花粉,则蜜蜂飞行与空气摩擦产生静电,应该是负电。

23. A

【解析】这是感应起电,当带负电物体靠近带绝缘底座的导体时,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,左端的负电荷受到排斥力运动到右侧,所以 N 处带正电,故 A 正确、B、C、D 错误。

24. D

【解析】完全相同的金属球,接触时先中和再平分,所以每个球带电 $\frac{3q-q}{2} = q$ 。

25. AC

【解析】A. 先把两球分开,再移走棒,两球由于感应起电带上异种电荷,故 A 正确。

B. 先移走棒,此时两球中的电荷又发生中和,不再带电,再把球分开,同样不再带电,故 B 错误。

C. 先把两球分开,两球由于感应起电带上异种电荷。再将棒接触一下其中一个球,两球都带电,故 C 正确。

D. 先把两球分开,然后移走棒,两球由于感应起电带上异种电荷。再让两球接触,两球中的电荷又发生中和,不再带电,故 D 错误。

26. B

【解析】同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。

故 ACD 错误,B 正确。

27. ABC

【解析】A. 笔套与头发摩擦后,摩擦使笔套带电,故 A 正确。

B. 带电的笔套靠近圆环时,圆环感应出异号电荷,故 B 正确。

C. 当距离约为 0.5 cm 时圆环被吸引到笔套上,是因为圆环所受静电力的合力大于圆环的重力,产生了加速度,故 C 正确。

D. 绝缘材料做的笔套,自由电子无法移动,电荷无法立刻被中和,故 D 错误。

第二节 库仑定律

1. D

【解析】A. 当真空中两个电荷间距离 $r \rightarrow \infty$ 时, 它们间的静电力 $F \rightarrow 0$, 公式适用, 故 A、C 错误。

B. 当真空中两个电荷间距离 $r \rightarrow 0$, 两电荷不能看成点电荷, 公式不再适用, 故 B 错误, D 正确。

2. A

【解析】库仑定律 $F = k \frac{q}{r}$ 公式中, 电荷量 q 的单位为 C, 距离 r 的单位为 m, 库仑力 F 的单位为 N, 由公式推导得出, k 的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ 。故 A 正确, BCD 错误。

3. D

【解析】距离改变之前: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ①

当电荷量都变为原来的 4 倍时: $F_1 = k \frac{4q_1 4q_2}{r^2}$ ②

联立①②可得: $F_1 = 16F$, 故 ABC 错误, D 正确。

4. D

【解析】根据库仑定律及题意可知, $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。

A. 如果 q_1, q_2 恒定, 当距离变为 $\frac{r}{2}$ 时, 作用力将变为 $4F$, 故 A 错误。

B. 如果其中一个电荷的电荷量不变, 而另一个电荷的电荷量和它们之间的距离都减半时, 作用力变为 $2F$, 故 B 错误。

C. 如果每个电荷的电量和它们的距离都加倍时, 作用力不变, 故 C 错误。

D. 如果将它们的电荷量都加倍, 距离变为 $\sqrt{2}r$ 时, 作用力将变为 $2F$, 故 D 正确。

5. C

【解析】当 a 和 b 相距 L 时, 相互作用的库仑力为 F , 即为 $F = \frac{kQ \cdot 2Q}{L^2}$ 。

将 a, b 接触后分开, 则中和后再平分, 则电量各为 $-\frac{Q}{2}$ 。

然后用 a 与 c 的内壁接触, a 不带电, 以后 a 再与 b 接触, a, b 带电 $\frac{Q}{4}$ 。

当最后它们都放回原处, 由库仑定律 $F_1 = k \frac{\frac{Q}{4} \cdot \frac{Q}{4}}{L^2} = \frac{F}{32}$, 故 C 正确, ABD 错误。

6. D

【解析】由库仑定律可得:

$$F = k \frac{q \cdot 2q}{d^2}$$

而两球接触后再分开平分总电量, 故分开后, 若两球带的是同种电荷, 则两球的带电量均为:

$$\frac{q + 2q}{2} = \frac{3}{2}q$$

若两球带的是异种电荷, 则两球的带电量均为:

$$\frac{2q - q}{2} = \frac{1}{2}q;$$

若带同种电荷, 则库仑力为:

$$F' = k \frac{\frac{3}{2}q \cdot \frac{3}{2}q}{d^2} = \frac{9}{8}F$$

或带异种电荷, 则库仑力为:

$$F'' = k \frac{q \cdot q}{4d^2} = \frac{1}{4}F$$

7. A

【解析】根据库仑定律, 距离为 r 时的静电力为: $F = k \frac{Q_A Q_B}{r^2}$

当距离为 $2r$ 时, 静电力为: $F' = k \frac{Q_A Q_B}{(2r)^2} = \frac{1}{4}F$

故 A 正确, BCD 错误。

8. AB

【解析】A. 当带电体本身的大小和形状对研究的问题影响很小时, 可以将带电体视为点电荷, 点电荷是一种理想化的物理模型, 故 A 正确。

B. 库仑通过扭秤实验, 发现了点电荷的相互作用规律; 密立根通过油滴实验, 测出了电子电荷量的精确数值, 任何物体带电量的数值都是元电荷电量的整数倍, 故 B 正确。

C. 法拉第发现了电磁感应现象, 洛伦兹发现了磁场对运动电荷的作用规律, 故 C 错误。

D. 伽利略在利用理想实验探究力和运动关系时, 使用的是理想实验法, 故 D 错误。

9. C

【解析】由库仑定律可得: $F = k \frac{Qq}{r^2}$;

当把另一个正点电荷移到 B 的附近时, A 对 B 的库仑力仍不变, 故 C 正确, ABD 错误。

10. B

【解析】三个夸克都在半径为 r 的同一圆周, 形成了等边三角形, 电荷量为 $-\frac{e}{3}$ 的下夸克受到另一个电荷量为 $-\frac{e}{3}$ 的下夸克的库仑斥力 F_1 和电荷量为 $+\frac{2e}{3}$ 的上夸克库仑引力 F_2 。

根据库仑定律得

$$F_1 = \frac{1}{2}F_2$$

根据力的合成得 F_1 和 F_2 的合力方向竖直向上,

据对称性另一个下夸克受静电作用力的方向也是竖直向上, 故 A、C、D 错误, B 正确。

11. B

【解析】A. 两绳同时断裂后两小球竖直方向做自由落体运动, 而水平方向做变加速直线运动, 根据运动的合成可知, 此合运动不可能做匀加速直线运动, 故 A 错误。

B. 对 a 、 b 受力分析,如图 1 所示,则有: $F_a = mg \tan 37^\circ$, $F_b = Mg \tan 53^\circ$,
解得: a 、 b 两球质量之比为 16:9,故 B 正确。

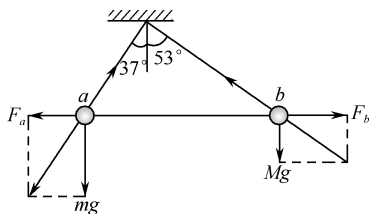


图 1

C. 同时断裂后两小球落地时重力的瞬时功率 $P = Gv$,因重力的不相同,则功率也不相等,故 C 错误。

D. 同时断裂后两小球下落过程中,根据牛顿第二定律, $a = \frac{F}{m}$,虽库仑力的大小相等,但质量的不同,导致加速度不同,则任一时刻水平速度大小也不相等,故 D 错误。

12. AB

【解析】由静止开始释放, A 球加速度的大小为 B 球的 2 倍,根据牛顿第二定律可知, A 、 B 两个带电小球的质量之比为 1:2。

当在 AB 中点固定一个带正电小球 C ,由静止释放 A 、 B 两球,释放瞬间两球加速度大小相等,根据库仑定律与牛顿第二定律,且有:对 A 来说, $k \frac{3q \cdot q}{(2r)^2} - k \frac{Q_C 3q}{r^2} = ma$

$$\text{对 } B \text{ 来说, } k \frac{3q \cdot q}{(2r)^2} + k \frac{Q_C q}{r^2} = 2ma$$

$$\text{综上解得, } Q_C = \frac{3}{28}q$$

根据库仑定律与牛顿第二定律,且有:对 A 来说,

$$k \frac{Q_C q}{r^2} - k \frac{3q \cdot q}{(2r)^2} = ma$$

$$\text{对 } B \text{ 来说, } k \frac{Q_C q}{r^2} + k \frac{3q \cdot q}{(2r)^2} = 2ma$$

$$\text{综上解得, } Q_C = \frac{9}{20}q, \text{故 AB 正确,CD 错误。}$$

13. C

【解析】A. 若 A 、 B 为异性电荷, A 、 B 间存在引力,只有当 A 对 B 的引力恰好等于 B 球所需要的向心力时, B 球才做圆周运动,否则不做圆周运动,故 A 错误。

B. 若 A 、 B 为异性电荷, B 球所受的库仑力方向一定变化,加速度一定变化,不可能做匀变速曲线运动,故 B 错误。

C. 若 A 、 B 为同性电荷,两球间存在斥力, B 球一定远离 A ,斥力减小,加速度减小,做变加速曲线运动,故 C 正确。

D. 若 A 、 B 为同性电荷,斥力对 B 球做正功,其动能一定增大,故 D 错误。

14. A

【解析】设原来两球所带电量分别为 q_1 和 q_2 ,接触后每个球的电量都为 $q = \frac{q_1 + q_2}{2}$ 。由题知,将两球接触后放回原

处,相互作用的库仑力大小仍为 F ,根据库仑定律得知,两球电量的乘积不变,则有

$$q_1 \cdot q_2 = \left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2$$

A. 根据数学知识可知,可能有 $q_1 = q_2 > 0$,即两个小球原来所带的电荷为等量同种电荷,故 A 正确。

B、D. $q_1 \neq q_2$,且电性相反时,根据数学知识可知 $q_1 \cdot q_2 = \left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2$ 不成立,则两球接触后作用力大小不可能等于 F ,与题不符,故 BD 错误。

C. 若 $q_1 \neq q_2 > 0$,根据数学知识可知, $q_1 q_2 < \left(\frac{q_1 + q_2}{2} \right)^2$ 。即两球接触后作用力大小将大于 F ,与题不符,故 C 错误。

15. B

【解析】三个悬挂着的轻质泡沫塑料小球,任意两个小球相互靠近时相互吸引。

A. 若两个不带电,只有一个带电的话,则会出现带电的吸引不带电的两个,而不带电的两个不会相互吸引,故 A 错误。

B. 若是两个带异种电荷,另一个不带电的话,则会出现都会吸引不带电的球,同时两者之间也是互相吸引的,故 B 正确。

C. 若三个都带电,可以分为:①都带正电或都带负电,互相排斥;②2个带正电,1个带负电或者2个带负电,一个带正电,则会出现带同种电荷的2个互相排斥;所以不可能是3个都带电,故 C 错误。

D. 若三个球都不带电,则互不吸引,故 D 错误。

16. A

【解析】金属板在 Q 的电场中达到静电平衡时,金属板是一个等势体,表面是一个等势面,表面的电场线与表面垂直,小球所受电场力与金属板表面垂直,在金属板上向右运动的过程中,电场力方向与位移方向垂直,对小球不做功,根据动能定理得知,小球的动能不变,速度不变,所以小球做匀速直线运动。

17. C

【解析】当带电量为 q 时,由共点力平衡可知

$$k \frac{q^2}{(0.8L)^2} = k \cdot 0.2L$$

当带电量为 q_1 、 q_2 时,由共点力平衡可知

$$k \frac{q_1 q_2}{(0.4L)^2} = k \cdot 0.6L$$

$$\text{联立解得 } \frac{q_1 q_2}{q^2} = \frac{3}{4}$$

18. C

【解析】对小球 A 受力分析——受重力、库仑力、支持力,根据平衡条件库仑力的竖直分力与重力平衡,故:

$$mg = k \frac{q_1 Q}{\left(\frac{BO}{\tan 30^\circ} \right)^2} \cdot \cos 30^\circ \quad \text{①}$$

$$mg = k \frac{q_2 Q}{\left(\frac{BO}{\tan 60^\circ}\right)^2} \cdot \cos 60^\circ \quad ②$$

联立解得:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\tan 60^\circ \cdot \sin 60^\circ}{\tan 30^\circ \cdot \sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{1}{2}} = 3\sqrt{3}$$

19. C

【解析】在研究电荷之间作用力大小的决定因素时,采用控制变量的方法进行。如本实验,根据小球的摆角可以看出小球所受作用力逐渐减小,由于没有改变电性和电量,不能研究电荷之间作用力和电性、电量关系,故 ABD 错误, C 正确。

20. A

【解析】两个相同的金属小球,带等量异种电荷,它们之间的库仑力为 F 。将它们接触后放回原处时两个小球所带的电量为零,它们之间的库仑力: $F' = 0$,所以选项 A 正确,选项 BCD 错误。

21. C

【解析】A. 根据电荷守恒定律,与外界没有电荷交换的情况下,一个系统所带的电量总是守恒的, A 是一个孤立的系统,跟外界没有电荷交换,电荷数保持不变,故 AB 错误;

C. 根据库仑定律,当间距减小时,则库仑力增大,故 C 正确, D 错误。

22. B

【解析】对 A 球受力分析,受到三个力如图 2 所示, B 小球向左缓慢推动一小段距离后,库仑力与竖直方向的夹角变小, A 的重力不变,墙壁的弹力方向不变,根据平行四边形定则,库仑力变小,墙壁的弹力变小。对整体而言,墙壁对球的弹力等于推力,所以推力变小,即 F 变小;对整体受力分析后,地面的支持力始终等于两球的总重力,所以 F_N 不变,故 ACD 错误, B 正确。

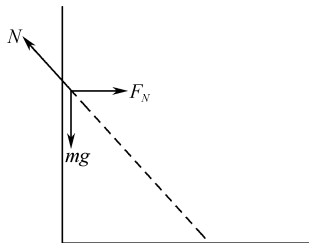


图 2

23. AD

【解析】A. 对 A 分析,弹力过圆心,根据平衡条件,要么 B 与 C 对 A 产生引力,要么对 A 产生斥力,才能处于平衡状态,因此 A 不可能受到一个斥力一个引力,所以 BC 带同电。分析 B,根据平衡条件可得 AC 同电,故可得三个同电,故 A 正确, B 错误。

C. A 受到两斥力,设圆心 O, $AB > AC > BC$,可得受 B 的斥力更大,又离 B 远,可得 B 电量大于 C,故 C 错误, D 正确。

24. D

【解析】以 A、B、C 三个中的一个为研究对象,如以 B 为研究对象有:

受到 A、C 的库仑斥力作用,同时受到 D 点的点电荷的库仑引力作用,设三角形边长为 L ,根据受力平衡得:

$$k \frac{Q^2}{L^2} \times \cos 30^\circ \times 2 = k \frac{Qq}{r^2},$$

$$r = \frac{\sqrt{3}}{3}L$$

所以解得: $\frac{Q}{q} = \sqrt{3}$,故 ABC 错误, D 正确。

25. AD

【解析】根据电场力方向来确定各自电性,从而得出“两同夹一异”,因此 BC 均错误。

同时根据库仑定律来确定电场力的大小,并由平衡条件来确定各自电量的大小,故 AD 正确。

26. B

【解析】当两球心相距为 $4R$ 时,两球不能看成点电荷,因带同种电荷,导致电量间距大于 $4R$,根据库仑定律 $F = k \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$,可知它们相互作用的库仑力大小有: $F < k \frac{q^2}{(4R)^2}$,故 B 正确, ACD 错误。

27. A

【解析】运用整体法研究两个质量相等的小球 A 和 B,不管 A、B 是否带电,整体都受重力和上细线的拉力,由平衡条件得:上细线的拉力 $F = 2mg$ 。

所以 $F_A = F_{A'}$ 。

再隔离 B 研究,不带电时受重力和下细线的拉力,

由平衡条件得: $F_B = mg$ 。

带电时受重力、下细线的拉力和 A 对 B 的向上的吸引力。

由平衡条件得: $F_{B'} + F' = mg$,

即 $F_{B'} < mg$ 。

所以 $F_B > F_{B'}$ 。

故 A 正确, BCD 错误。

28. AB

【解析】相互排斥,则两球一定带同种电荷,可能是正电,也可能是负电。

相互吸引,两球可能带异种电荷,也可能一个带电,另一个不带电,但题目中说均带电,故 AB 正确, CD 错误。

29. B

【解析】设弹簧的劲度系数为 K ,原长为 x_0 。

当系统平衡时,弹簧的伸长量为 x_0 ,则有:

$$Kx_0 = k \frac{Qq}{(x+x_0)^2} \quad ①$$

A. 保持 Q 不变,将 q 变为 $2q$ 时,平衡时有: $Kx_1 =$

$$k \frac{2Qq}{(x+x_1)^2} \quad ②, \text{由} ①② \text{解得: } x_1 < 2x_0, \text{故 A 错误。}$$

B. 同理可以得到保持 q 不变,将 Q 变为 $2Q$,平衡时弹簧的伸长量小于 $2x_0$,故 B 正确。

C. 同理可以得到保持 Q 不变, 将 q 变为 $-q$, 平衡时弹簧的缩短量大于 x_0 , 故 C 错误。

D. 同理可以得到保持 q 不变, 将 Q 变为 $-Q$, 平衡时弹簧的缩短量大于 x_0 , 故 D 错误。

30. C

【解析】A、B. 对小球 2 受力分析, 如图 3 所示。小球 2 受重力、支持力、库仑力, 其中 F_1 为库仑力 F 和重力 mg 的合力, 根据三力平衡原理可知, $F_1 = F_N$ 。

由图可知, $\triangle OAB \sim \triangle BFF_1$

设半球形碗的半径为 R , AB 之间的距离为 L , 根据三角形相似可知,

$$\frac{mg}{OA} = \frac{F_1}{OB} = \frac{F}{AB}$$

$$\text{即 } \frac{mg}{R} = \frac{F_N}{R} = \frac{F}{L}$$

$$\text{所以 } F_N = mg \quad \text{①}$$

$$F = \frac{L}{R} mg \quad \text{②}$$

当小球 2 处于 C 位置时, AC 距离为 $\frac{L}{2}$, 故 $F' = \frac{1}{2}F$,

根据库仑定律有: $F = k \frac{Q_A Q_B}{L^2}$

$$F' = k \frac{Q_A Q_C}{\left(\frac{1}{2}L\right)^2}$$

所以 $\frac{Q_C}{Q_B} = \frac{1}{8}$, 即小球在 C 位置时的电量是 B 位置时电量的八分之一, 故 AB 均错误。

C、D. 由上面的①式可知 $F_N = mg$, 即小球 2 在 B 点对碗的压力大小等于小球 2 在 C 点时对碗的压力大小, 故 C 正确、D 错误。

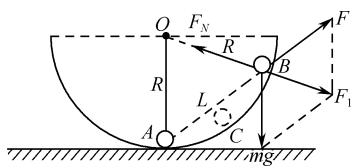


图 3

31. AD

【解析】当小球 C 靠近小球 A 时, 悬丝旋转小角度, 因此通过微小放大, 能比较准确地测出转动角度, 同时体现了控制变量法, 即控制了电荷量, 去研究库仑力与间距的关系, 即本实验采用了微小放大法和控制变量法。

32. D

【解析】当其轴线上离环心为 x 处的 P 点有一点电荷 q 时, 若 n 相当大时, 每一小段都可以看做一个点电荷, 其所带电量为 $q = \frac{Q}{n}$, 由点电荷电场强度公式可求得每一点电荷在

$$P \text{ 点处的电场强度为: } E = \frac{k \frac{Q}{n}}{R^2 + x^2}$$

各小段带电环在 P 处的电场强度 E 垂直于轴向的分量 E_y 相互抵消, 而 E 的轴向分量 E_x 之和即为带电环在 P 处的

$$\text{场强 } E_p, \text{ 则: } E_p = nE_x = nE = \frac{k \frac{Q}{n}}{R^2 + x^2} \cos \alpha;$$

$$\text{而 } \cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}};$$

$$\text{所以: } E_p = \frac{kQx}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}};$$

当 $r=0$, 圆环对点电荷的静电力大小为 F' , 在 P 点受到的库仑力相互抵消, 则 $F'=0$; 故 D 正确, ABC 错误。

33. AC

【解析】A. 根据库仑定律, 小球 A 与 B 之间库仑力的大小为: $F = \frac{kq^2}{d^2}$; 故 A 正确。

B、C. 若细线上的拉力为 0, 小球 A 受重力、支持力和库仑斥力而平衡, 根据共点力平衡条件, 重力的下滑分力与库仑力的上滑分力平衡, 即:

$$mg \sin \theta = F \cos \theta;$$

$$\text{其中 } F = \frac{kq^2}{d^2};$$

联立解得:

$$mg \sin \theta = \frac{kq^2}{d^2} \cos \theta$$

$$\text{故: } \frac{q}{d} = \sqrt{\frac{mg \tan \theta}{k}}; \text{ 故 B 错误, C 正确。}$$

D. 两个球带同种电荷, 相互排斥, 故斜面对 A 的弹力不可能为零, 故 D 错误。

34. C

【解析】由库仑定律可知静电力 $F = k \frac{Qq}{r^2}$, 由牛顿第二运动定律可得 $F = ma \left(= m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m \omega^2 r = m \frac{v^2}{r} \right)$, 将库仑力代入可解得 C 正确。

35. 略

【解析】减小 增大 控制变量法

36. A

【解析】根据题意弹簧可能伸长了, 也可能缩短了, 即可能三球都带同种电荷, 也可能两端同种电荷中间异种电荷, 即“两同夹一异”。

当三球为同种电荷时, 对最外侧的小球受力分析, 该小球受三个力的作用, 它们的关系是 $Kx = k \frac{Q^2}{L^2} + k \frac{Q^2}{(2L)^2}$,

$$\text{解得 } x = \frac{5kQ^2}{4KL^2};$$

$$\text{所以弹簧的原长为 } L_0 = L - x = L - \frac{5kQ^2}{4KL^2}.$$

当两端同种电荷中间异种电荷时, 对最外侧的小球受力分析, 该小球受三个力的作用。

$$\text{它们的关系是 } Kx' = k \frac{Q^2}{L^2} - k \frac{Q^2}{(2L)^2}$$

$$\text{解得 } x' = \frac{3kQ^2}{4KL^2}$$

$$\text{所以弹簧的原长为 } L_{O'} = L + x = L + \frac{3kQ^2}{4KL^2}.$$

$$\text{即每根弹簧的原长可能是 } L + \frac{3kQ^2}{4KL^2}, \text{也可能是 } L - \frac{5kQ^2}{4KL^2}.$$

故 A 正确、BCD 错误。



第三节 电场强度

1. A

【解析】在国际单位制中, F 的单位是牛, q 的单位是库, 则根据电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$, 可知 E 的单位是牛/库, 故 A 正确。

2. D

【解析】A. $s = \frac{1}{2}at^2$ 是匀变速运动的位移公式, s 与 a 、 t 有关, 所以该式不是用比值法定义的, 故 A 错误。

B. 由 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 知 T 与 ω 成反比, 不符合比值法定义的共性, 所以该式不是用比值法定义的, 故 B 错误。

C. 由式知 I 与 E 成正比, 与 $R+r$ 成反比, 不符合比值法定义的共性, 所以该式不是用比值法定义的, 故 C 错误。

D. $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式, E 与 F 、 q 无关, 反映电场本身的性质, 所以该式是用比值法定义的, 故 D 正确。

3. BC

【解析】A. 根据电场线的疏密表示电场强度的相对大小, 可知 $E_a > E_b$, 故 A 错误。

B. 两电子分别从 a 、 b 两点移动到 c 点, 电势差相等, 电场力对两电子做的功相等, 故 B 正确。

C. 沿 bc 方向直线射入的电子, 所受的电场力沿 cb 方向, 电子做直线运动, 故 C 正确。

D. 将电子由 a 点静止释放, 电子所受电场力沿切线的方向, 不沿电场线做曲线运动, 故 D 错误。

4. B

【解析】将两根等长带电棒等效成两个正点电荷如图 4 所示, 两正点电荷在 O 点产生的场强大小为 $E = \sqrt{2}E_1$, 故撤走一根带电棒后, 在 O 点产生的场强为 $E_1 = \frac{E}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}E}{2}$ 。

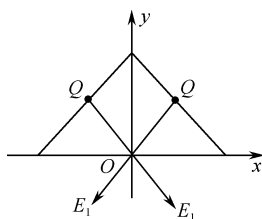


图 4

5. B

【解析】A. O 点的场强为零, 电势不为零, A 错误。

B. 由 G 点释放一个负检验电荷 (不计重力), 电荷将先加速后减速到达 H 点速度减为零, B 正确。

C. A 点和 B 点电势相等, 场强大小相同, 方向不同, C 错误。

D. 由 G 点释放一个负检验电荷 (不计重力), 电荷向下运动的过程中因不知其电场线的具体分布, 其加速度可能先变小后变大, 也可能先变大后变小, 再变大后再变小, D 错误。

6. BD

【解析】A. M 电荷受电场力向右, N 电荷受电场力向左, 故不能平衡, 会转动, 故 A 错误。

B. M 电荷受向右的电场力, N 电荷受向左的电场力, 可以平衡, 故 B 正确。

C. M 电荷受电场力向右, N 电荷受电场力向左, 故不能平衡, 会转动, 故 C 错误。

D. M 电荷受向右的电场力, N 电荷受向左的电场力, 可以平衡, 故 D 正确。

7. D

【解析】设想将圆环等分为 n 个小段, 当 n 相当大时, 每一小段都可以看做点电荷, 其所带电荷量为:

$$q = \frac{Q}{n}$$

如图 5 所示, 由点电荷场强公式可求得每一点电荷在 P 处的场强为:

$$E = k \frac{Q}{nr^2} = k \frac{Q}{n(R^2 + L^2)}$$

由对称性可知, 各小段带电环在 P 处的场强 E 垂直于轴的分量 E_y 相互抵消, 而 E 的轴向分量 E_x 之和即为带电环在 P 处的场强 E_p , 故

$$E_{\text{总}} = nE_x = n \times \frac{kQ}{n(L^2 + R^2)} \times \frac{L}{r} = \frac{kQL}{r(L^2 + R^2)},$$

$$\text{而 } r = \sqrt{L^2 + R^2}$$

答案 D 正确。

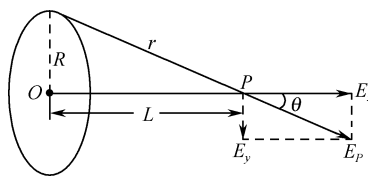


图 5

8. C

【解析】设 $AB = 3a$, $BC = 4a$

根据点电荷场强公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 得

A 处的点电荷在 D 处的场强 $E_A = \frac{64kq}{(4a)^2} = \frac{4kq}{a^2}$, 方向水平向右

B 处的点电荷在 D 处的场强 $E_B = \frac{125kq}{(5a)^2} = \frac{5kq}{a^2}$, 方向由 D 指向 B

C 处的点电荷在 D 处的场强 $E_C = \frac{27kq}{(3a)^2} = \frac{3kq}{a^2}$, 方向竖直向上

由以上等式可得: $E_A:E_C:E_B = 4:3:5$

将 E_A 和 E_C 合成, 得到的合场强为 $\frac{5kq}{a^2}$, 方向由 B 指向 D , 所以三个电荷在 D 点场强为 0。

9. A

【解析】根据电场线的特点, 从正电荷出发到负电荷终止可以判断, A 、 B 是两个等量异种电荷。根据平行四边形定则, 对中垂线上的场强进行合成, 知中垂线上每点的电场方向都水平向右, 中垂线和电场线垂直, 所以中垂线为等势线, 在两等量异号电荷连线的中垂线上, 中间点电场强度最大, 也可以从电场线的疏密判断, 故 A 正确, BCD 错误。

10. B

【解析】A. 电荷和电荷之间的相互作用是通过电场发生的; 通电导体和通电导体之间的相互作用是通过磁场发生的, A 错误。

B. 磁场和磁极、磁极和通电导体之间的相互作用是通过磁场发生的, B 正确。

C. 电场线和磁感线都不能相交, 否则在交点处的电场或磁场的方向有两个, 与事实不符, C 错误。

D. 电场线和磁感线都是为了形象地描述而引入的假象曲线, 实际不存在, D 错误。

11. BCD

【解析】A. 电场线越密, 场强越大, 所以 a 点的场强一定大于 b 点的场强。

根据 $F = Eq$ 得电荷在 a 点受到的电场力一定大于它在 b 点受到的电场力, 故 A 错误, CD 正确。

B. 电场线某点的切线方向表示场强的方向, 所以 a 点的场强方向一定沿着 a 点的电场线向右, 故 B 正确。

12. C

【解析】引入一个试探电荷 q , 分别计算它在 AB 两点受的电场力:

$$F_1 = \frac{kQq}{r^2}, F_2 = \frac{kQq}{(3r)^2} = \frac{kQq}{9r^2},$$

得: $F_1 = 9F_2$

根据电场强度的定义式: $E = \frac{F}{q}$,

得: $\frac{E_1}{E_2} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{9}{1}$

13. C

【解析】“质点”、“点电荷”、“电场线”等都是为了研究问题简单而引入的理想化的模型, 所以它们从科学方法上来说属于理想模型, 所以 C 正确。

14. A

【解析】由图中电场线的分布情况可以看出, 两个电荷间存在引力作用, 所以是两质点带异号电荷。由于 Q_1 周围的电场线比 Q_2 周围的电场线密, 说明 Q_1 附近的电场强度比 Q_2 附近的电场强度大, 所以 $Q_1 > Q_2$ 。故 A 正确, BCD 错误。

15. D

【解析】由图可知, 电场线密的地方电场强度大, 电场强度越来越大, 因此该电荷所受电场力越来越大, 粒子做加速度逐渐增大的加速运动, 所以根据电场线的疏密来确定加速度大小, 因粒子(正负不知)从静止开始运动, 所以只有在 D 选项中当粒子从静止不论向左还是向右, 都会导致加速度变小, 故 ABC 错误, D 正确。

16. BD

【解析】A. 库仑发现了电荷间的相互作用力, 法拉第提出了电场的概念, 故 A 错误 B 正确。

C. 法拉第提出用电场线描述电场, 故 C 错误, D 正确。

17. AC

【解析】 $F-q$ 图像的斜率表示电场强度大小, 图线 a 的斜率大于 b 的斜率, 说明 a 处场强大于 b 处的场强, 若电场是由点电荷产生的, 说明 a 距离场源较近, 无论场源是正电荷还是负电荷, 都应位于 a 点左侧, 故 AC 正确, BD 错误。

18. AD

【解析】 $-q$ 在 A 处产生的场强大小为 $E = k \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{9a^2}$, 方向水平向右。据题, A 点处的电场强度为零, $-q$ 与带电圆盘在 A 点产生的场强大小相等, 方向相反, 则带电圆盘带正电, 在 A 点产生的场强大小为 $E = k \frac{Q}{a^2}$, 方向水平向左。根据 A 点处的电场强度为零可知, $E = k \frac{q}{9a^2} = k \frac{Q}{a^2}$, 故 AD 正确。

19. AD

【解析】A、B. 类比电场强度定义式 $E = \frac{F}{q}$,

该点引力场强弱 $a_g = \frac{F}{m} = \frac{GMm}{(3R)^2} = G \frac{M}{(3R)^2}$, 故 A 正确、B 错误。

C、D. 由于万有引力等于重力, 在地球表面有: $mg = \frac{GMm}{R^2}$ ①

位于距地心 $2R$ 处的某点有: $ma_g = \frac{GMm}{(3R)^2}$ ②

由①②得: $a_g = \frac{g}{9}$, 故 C 错误、D 正确。

20. BCD

【解析】速度—时间图像中, 斜率表示加速度。

A. 加速度不变, 则场强不变, 物体处于匀强电场中, 图 A 中的加速度变化, A 错误。

B. 仅在电场力作用下, a 到 b 的过程中速度增加, 若场强逐渐减小, 则加速度减小, B 正确。

C. 若场强增大, 加速度增大, C 正确。

D. 若场强先减小后增大, 则加速度先减小后增大, D 正确。

21. B

【解析】根据点电荷的电场强度公式分析得到: D 点的场强为零。

A. 从 C 到 D 场强减小,粒子的加速度减小,不可能做匀减速运动,故 A 错误。

B. 若粒子的初速度较大,粒子在 CD 间做加速度减小的变减速运动,故 B 正确。

C. 加速度应该逐渐减小,故 C 错误。

D. 从 C 到 D 场强减小,粒子的加速度减小,速度减小,不可能出现速度增大的情况,故 D 错误。

22. A

【解析】电场强度 $E = \frac{F}{q_1} = \frac{1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-9}} \text{ N/C} = 1000 \text{ N/C}$, 电场强度的方向与正电荷受到的电场力的方向相同,为水平向右。

23. B

【解析】 AB 、 AC 两直杆完全相同,在 O 点产生的场强大小相等,方向相互垂直,如图 6 所示,设它们在 O 点的场强大小为 E' ,则有: $\sqrt{2}E' = E$

$$\text{则 } E' = \frac{\sqrt{2}}{2}E$$

将同样的绝缘直杆 CD 与 AC 在 C 点相连, AB 、 CD 在 O 点产生的场强大小相等、方向相反,完全抵消,则 O 点的场强大小等于 AC 杆在 O 点产生的场强大小 $E' = \frac{\sqrt{2}}{2}E$ 。

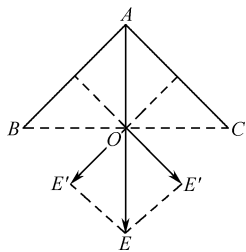


图 6

24. BD

【解析】匀强电场的电场线是一组等间距的平行线,匀强电场中各点的场强大小相等,方向相同,故 AC 错误, BD 正确。

25. AD

【解析】若该电荷为正电荷,给它初速度,将沿两电荷的中轴线运动。向上运动的过程中,受到电场力的合力先增大后减小,合力方向沿中轴线向上,所以该电荷向上做加速度先增大后减小,速度不断增大的直线运动。

若该电荷为负电荷,受到电场力的合力沿中轴线向下,电荷向上做减速运动,当速度为 0 后,又返回做加速运动,在两电荷连线以下做减速运动,减到速度为零,又返回做加速运动,所以电荷做往复直线运动,故 A、D 正确, B、C 错误。

26. B

【解析】由题意知,半径为 R 的均匀带电体在 A 点产生场强为:

$$E_{\text{整}} = \frac{kQ}{(2R)^2} = \frac{kQ}{4R^2}$$

同理割出的小球半径为 $\frac{R}{2}$, 因为电荷平均分布,其带电量

$$Q' = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\frac{4}{3}\pi R^3}Q = \frac{Q}{8}。$$

则其在 A 点产生的场强:

$$E_{\text{割}} = \frac{kQ'}{\left(\frac{1}{2}R + R\right)^2} = \frac{k \cdot \frac{Q}{8}}{\frac{9}{4}R^2} = \frac{kQ}{18R^2}$$

所以剩余空腔部分电荷在 A 点产生的场强

$$E_x = E_{\text{整}} - E_{\text{割}} = \frac{kQ}{4R^2} - \frac{kQ}{18R^2} = \frac{7kQ}{36R^2}$$

所以 ACD 错误, B 正确。

27. BC

【解析】A、B. 电量为 q_2 的实验电荷在 P 点所受的静电力为 F , 根据电场强度的定义式得到: P 点电场强度的大小 $E = \frac{F}{q_2}$, 故 A 错误, B 正确。

C、D. 电量为 q_1 的点电荷是场源电荷, 在 P 点产生的电场强度的大小为 $E = k \frac{q_1}{r^2}$, 故 C 正确, D 错误。

28. $\frac{kq}{R^2}$, 沿 OP 指向 P

【解析】如果没移去电荷之前, $N(N > 1)$ 个电荷量均为 q ($q > 0$) 的小球, 均匀分布在半径为 R 的圆周上。在圆心处场强为 0, 该点场强可以看成是移去的电荷和其余的电荷在该点场强的叠加, 所以移去电荷后, 在圆心 O 点处的电场强度与移去的电荷在该处的场强大小相等, 方向相反。

根据库仑定律得圆心 O 点处的电场强度大小为 $\frac{kq}{R^2}$, 方向沿 OP 指向 P 。

29. $\frac{kq}{d^2}$, 水平向左

【解析】 q 在 a 点形成的电场强度大小为 $E_1 = \frac{kq}{d^2}$, 方向向左; 因 a 点场强为零, 故薄板在 a 点的场强方向向右, 大小也为 $\frac{kq}{d^2}$, 由对称性可知, 薄板在 b 点的场强也为 $\frac{kq}{d^2}$, 方向向左。

30. 见解析

【解析】(1) 根据库仑定律 A 、 B 两点电荷间的库仑力大小为

$$F = k \frac{q^2}{L^2}$$

代入数据得 $F = 9.0 \times 10^{-3} \text{ N}$

(2) A 、 B 两点电荷在 C 点产生的场强大小相等, 均为

$$E_1 = k \frac{q}{L^2}$$

A 、 B 两点电荷形成的电场在 C 点的合场强大小为

$$E_{\text{合}} = 2E_1 \cos 30^\circ$$

代入数据得 $E_{\text{合}} = 7.8 \times 10^3 \text{ N/C}$, 方向沿 y 轴正方向。

31. D

【解析】在 z 轴上 $-\frac{h}{2}$ 处, 合场强为零, 该点场强为 q 和导体近端感应电荷产生的电场场强的矢量和;

$$q \text{ 在 } -\frac{h}{2} \text{ 处产生的场强为: } E_1 = \frac{kq}{\left(\frac{3}{2}h\right)^2} = \frac{4kq}{9h^2};$$

由于导体远端离 $-\frac{h}{2}$ 处很远, 影响可以忽略不计, 故导体在 $-\frac{h}{2}$ 处产生的场强近似等于近端在 $-\frac{h}{2}$ 处产生的场强;

$$-\frac{h}{2} \text{ 处场强为: } 0 = E_1 + E_2, \text{ 故 } E_2 = -E_1 = -\frac{4kq}{9h^2};$$

根据对称性, 导体近端在 $\frac{h}{2}$ 处产生的场强为 $-E_2 = \frac{4kq}{9h^2}$;

$$\text{电荷 } q \text{ 在 } \frac{h}{2} \text{ 处产生的场强为: } \left(\frac{kq}{\left(\frac{h}{2}\right)^2}\right) = \frac{4kq}{h^2};$$

$$\text{故 } \frac{h}{2} \text{ 处的合场强为: } \frac{4kq}{h^2} + \frac{4kq}{9h^2} = \frac{40kq}{9h^2}.$$

32. D

【解析】本题考查点电荷的场强及考生的综合分析能力和运用数学知识解决物理问题的能力。环上电荷在 A 点激发的电场垂直 O_1O_2 方向, 合场强为 0, 环上电荷在 A 点场强只在 O_1O_2 方向上, 是余弦函数, 半径为 R_1 的环上到 A 的距离相等, 电场大小可以 $E = \frac{kq}{r^2}$ 推测, A 点的场强应为 $E_1 =$

$$\frac{kq}{R_1^2 + (a+r)^2} \cdot \frac{(a+r)}{\sqrt{R_1^2 + (a+r)^2}} = \frac{kq(a+r)}{(R_1^2 + (a+r)^2)^{\frac{3}{2}}}, \text{ 同理半}$$

$$\text{径为 } R_2 \text{ 的环产生的场强应为 } E_2 = \frac{kq(a-r)}{(R_1^2 + (a-r)^2)^{\frac{3}{2}}}, \text{ 方向与}$$

E_1 相反, 故正确的选项应为 D。

33. B

【解析】根据题意可知, M 、 N 的场强可以表达为:

$$E_M = 0 = E_A - E_B = 0 \dots\dots\dots ①$$

$$E_N = E_A + E_B = \frac{kQ}{R^2} \dots\dots\dots ②$$

其中 E_A 是剩余球壳 A 上电荷产生的场强,

由于 M 、 O' 、 N 点的距离非常近, 所以在 M 、 O' 、 N 点的 E_A 都相等,

$-E_B$ 、 E_B 分别是图片 B 点上的电荷在 M 点和 N 点处产生的场强, E_A 、 E_B 场强方向相同,

$$\text{由 } ①② \text{ 得: } E_A = \frac{kQ}{2R^2}, \text{ 又图片 } B \text{ 点上的电荷在 } O' \text{ 点处产}$$

生的场强为零, 所以 O' 点的场强等于 E_A , 因此得: $E_{O'} = \frac{kQ}{2R^2}$,

O' 点为任意取的小圆片, 所以 O' 点也是球壳表面的任意一点, 所以球壳表面的场强是 $\frac{kQ}{2R^2}$ 。

第四节 电势和电势能

1. A

【解析】将一个正电荷从无穷远处移到电场中 M 点, 电势能减少了 $8 \times 10^{-9} \text{ J}$, 无穷远点的电势(电势能)为零, 故该电荷在 M 点的电势能为 $-8 \times 10^{-9} \text{ J}$, 故:

$$\varphi_M = \frac{E_{pM}}{q} = \frac{-8 \times 10^{-9} \text{ J}}{q}$$

若将另一等量的负电荷从无穷远处移到电场中 N 点, 电势能增加了 $9 \times 10^{-9} \text{ J}$, 无穷远点的电势(电势能)为零, 故该电荷在 N 点的电势能为 $9 \times 10^{-9} \text{ J}$, 故:

$$\varphi_N = \frac{E_{pN}}{-q} = \frac{9 \times 10^{-9} \text{ J}}{-q}$$

$$\text{故 } \varphi_N < \varphi_M < 0$$

2. C

【解析】A. 因为电场强度与电势无关, 所以在电场中, 电场强度大的地方, 电势高是可能存在的, 故 A 正确。

B. 因为电场强度与电势无关, 所以在电场中, 电场强度大的地方, 电势低是可能存在的, 故 B 正确。

C. 电场强度处处相等, 该电场是匀强电场, 电势并不处处相等, 顺着电场线方向电势是降低的, 故 C 错误。

D. 电场强度不等且电势相等是可能存在的, 比如以点电荷为球心的球面上各点, 电场强度不等, 但电势相等, 故 D 正确。

3. AB

【解析】根据等量同种正点电荷的电场线分布得:

其连线的中垂线不是一条等势线, 根据电场强度的方向可知, 即为 $O \rightarrow A$, $O \rightarrow D$ 。

$OA = OD$, $OB = OC$, 所以 A 、 D 两点的电势相等, B 、 C 两点的电势相等;

根据沿电场线方向电势降低, 所以 B 点电势均高于 A 点。 C 点电势大于 D 点电势, 故 AB 正确, CD 错误。

4. C

【解析】A. 根据顺着电场线电势降低可知, A 点的电势最高, 故 A 错误。

B. B 处电场线最疏, 电场强度最小, 故 B 错误。

C. A 处电场线最密, 电场强度最大, 同一电荷在 A 点受到的电场力最大, 故 C 正确。

D. B 点电势最低, 负电荷在 B 处电势能最大, 故 D 错误。

5. AD

【解析】A、C. 由电场线的疏密可知, A 点处电场线较密, 电场强度较大, 所以 $E_A > E_B$, 故 A 正确, C 错误。

B、D. 沿着电场线, 电势是降低的, 所以 A 点所在等势面的电势高于 B 点所在等势面的电势, 故 $\varphi_A > \varphi_B$, 故 B 错误, D 正确。

6. AB

【解析】A. 将两条电场线反向延长后相交于一点, 即为点电荷 Q 的位置, 设 a 、 b 两点到 Q 的距离分别为 r_a 和 r_b , 由几何知识得到, $r_b = \sqrt{3}r_a$, 根据公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 得到, $E_a = 3E_b$, 故 A

正确。

B. 由图 7 可知,负电荷相当于沿着电场线运动,电场力做负功,电势能增大,故在 a, b 两点的电势能比较大, B 正确。

C. 因为 b 点距离正电荷 Q 远,所以 $\varphi_a > \varphi_b$,故 C 错误。

D. q 受到的电场力为 $F = qE$,因 $E_a = 3E_b$,故 $F_a:F_b = 3:1$

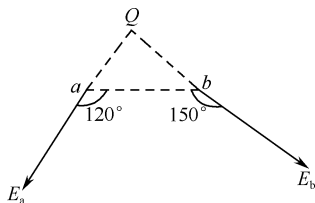


图 7

7. C

【解析】A. 负电荷受力的方向与电场线的方向相反,与弯曲的方向相同,故 B 应带正电荷, A 错误。

B. 在该连线上,从 O 到 N 到无穷远, E 先增大,后减小,故 B 错误。

C. N 点到正负电荷 A 的距离近,故 M 点处的电势一定高于 N 点处的电势,故 C 正确。

D. M 点处的电势一定高于 N 点处的电势,从 N 到 M 电场力做负功,故 D 错误。

8. C

【解析】A. 根据电场线与等势线垂直且指向低电势处,可知在 A 点电场线方向应与速度 v 垂直,则粒子所受的电场力与速度 v 也垂直,粒子做曲线运动,故 A 错误。

B、C、D. 无论正负,电场力做正功,粒子的电势能总是先变小,故 BD 错误, C 正确。

9. ABC

【解析】A、B. 由图知,正检验电荷放在 A 点和负检验电荷放在 B 点所受电场力方向均沿 x 轴正方向,说明点电荷 Q 为正电荷且放在 AB 之间,故 A、B 正确。

C. 由图线斜率表示场强,可知 A 点场强大小为 $2 \times 10^3 \text{ N/C}$ 。

D. 同理, B 点场强大小为 $5 \times 10^2 \text{ N/C}$,说明 A 点距离 Q 较近,故 A 点的电势高于 B 点的电势,故 D 错误。

10. BD

【解析】A. 沿圆环做匀速圆周运动,电荷在圆周上任一点受的电场力大小相等,故点电荷在圆周上的场强大小相等,方向不同,故 Q_1 与 Q_2 为异种电荷, B 点固定的电荷 Q_B 一定为负电荷, AC 错误, B 正确。

D. 沿圆环做匀速圆周运动,电场力不做功,所以在圆环上电势处处相等, D 正确。

11. A

【解析】A、B. 已知 AC 连线为电场中的一条等势线,而等量异种电荷的等势面中只有中垂线是直线,故 AC 的连线是等量异种电荷连线的中垂线, B, D 两点关于中垂线对称,故电场强度的大小一定相等,但方向一定不相同,故 A 正确, B 错误。

C. AC 是等势面,电场线与等势面垂直,沿着电场线电势

降低,故 B, D 的电势一定不相等,故 C 错误。

D. AC 是等势面,但电荷不一定在 BD 连线上,可以偏向 A 侧或 B 侧,故 A, C 两点场强大小不一定相等,故 D 错误。

12. D

【解析】A. 由图看出, x 轴上各点电势不全相等, x 轴不是一条等势线,所以空间各点场强的方向不全与 x 轴垂直,故 A 错误。

B. 将电荷沿 x 轴从 0 移到 x_1 的过程中,各点电势相等,图像的斜率为零,电场力为零,电荷做匀速直线运动,故 B 错误。

C. 正电荷沿 x 轴从 x_2 移到 x_3 的过程中,电势升高,电荷的电势能增大,电场力做负功,故 C 错误。

D. 负电荷沿 x 轴从 x_4 移到 x_5 的过程中,电势降低,电荷的电势能增加,电场力做负功,故 D 正确。

13. ABC

【解析】小球运动过程的示意图如图 8 所示。

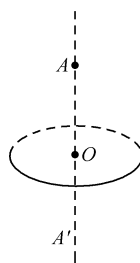


图 8

A. 圆环中心的场强为零,无穷远处场强也为零,则小球从 A 到圆环中心的过程中,场强可能先增大后减小,则小球所受的电场力先增大后减小方向竖直向上,由牛顿第二定律得知,重力不变,则加速度可能先减小后增大;小球穿过圆环后,小球所受的电场力竖直向下,加速度方向向下,为正值,根据对称性可知,电场力先增大后减小,则加速度先增大后减小,故 A 是可能的,故 A 正确。

B. 小球从 A 到圆环中心的过程中,重力势能 $E_{pG} = mgh$,小球穿过圆环后, $E_{pG} = -mgh$,根据数学知识可知, B 是可能的,故 B 正确。

C. 小球从 A 到圆环中心的过程中,电场力做负功,机械能减小,小球穿过圆环后,电场力做正功,机械能增大,故 C 是可能的,故 C 正确。

D. 由于圆环所产生的非匀强电场,小球下落的过程中,电场力做功与下落高度之间是非线性关系,电势能变化与下落高度之间也是非线性关系,所以 D 是不可能的,故 D 错误。

14. D

【解析】A. 电场线的疏密表示电场的强弱,由图可得, 1 与 2 比较, 1 处的电场线密,所以 1 处的电场强度大,故 A 错误。

B. 电场线的疏密表示电场的强弱,由图可得, 1 与 3 比较, 1 处的电场线密,所以 1 处的电场强度大,故 B 错误。

C. 顺着电场线,电势降低,所以 1 处的电势高于 2 处的

电势,故 C 错误。

D. 由题目可得,2 与 3 处于同一条等势线上,所以 2 与 3 两点的电势相等,故 D 正确。

15. BD

【解析】A. $\varphi-x$ 图像的斜率大小等于场强大小,则知 P 点的场强方向为负值,沿着 x 轴负方向,即两电荷的合场强不等于零, P 离 Q_1 较远,由公式 $E=k\frac{Q}{r^2}$ 得知, Q_1 的电荷量大于 Q_2 的电荷量,故 A 错误。

B. 由题,无穷远处电势为零,而 Q_1 处电势大于零, Q_2 处电势小于零,则知 Q_1 和 Q_2 一定是异种电荷,故 B 正确。

C. 由 $\varphi-x$ 图像的斜率看出, P 处的电场强度不为零,故 C 错误。

D. 从 Q_1 到 Q_2 之间连线上电势逐渐降低,连线上各点电场强度方向都指向 Q_2 ,故 D 正确。

16. A

【解析】通过图像可以看到, A 点的电场线比较密,所以 $E_A > E_B$, A 点位于离正电荷更近的等势面上,所以 $\varphi_A > \varphi_B$,故选项 A 正确。

17. B

【解析】A. 通过图像可以看到, A 、 B 两点的电场线疏密程度相同,所以它们的大小相等,但方向不同,故 A 错误。

B. A 、 B 两点关于两点电荷连线的垂直平分线 OO' 对称,且是同种电荷,所以 $\varphi_A = \varphi_B$,故 B 正确。

C. 因电势相等,则它们的电势差为零,若将正电荷由 A 移到 B ,电场力不做功,故 C 错误。

D. 带相同电荷量的负电荷在 A 点的电势能小于正电荷在 A 点的电势能,故 D 错误。

18. B

【解析】A. ab 两点在一等势面上,电势相同, a 的场强方向向左, b 的场强方向向右,则场强不同,故 A 错误。

B. a 、 b 在等量异种电荷连线的中垂线上,而此中垂线是一条等势线,两点电势相同。根据电场线分布的对称性可知,这两点场强相同,故 B 正确。

C. a 、 b 两点场强相同,而 a 点电势高于 b 点,故 C 错误。

D. 根据电场线的对称性可知; a 、 b 两点的电势相同,而 a 点的场强方向向上, b 点的场强方向向下,场强不同,故 D 错误。

19. B

【解析】A. 速度图像的斜率等于加速度,由图看出,带电粒子从 A 到 B 加速度减小,由 $a = \frac{qE}{m}$ 分析得知, A 点的场强大于 B 点的场强,故 A 正确。

B、C. 带电粒子的速度增大,动能增大,由能量守恒定律得知,电势能减小,由于带电粒子的电性未知,不能判断 A 与 B 两点电势关系,故 B 错误,C 正确。

D. 动能增加,由动能定理得知,电场力做正功,故 D 正确。

20. D

【解析】A. 由于只有一条电场线,所以无法判断哪个位

置电场线更密集,故无法判断 AB 两点哪个场强更大,故 A 错误。

B. 由于带正电的粒子在 A 点时速度方向向右而到达 B 点时速度方向向左,故正电荷所受电场力方向向左,而正电荷所受电场力的方向与电场的方向相同,故场强向左,所以 A 点的电势低于 B 点的电势,故 B 错误。

C. 由于从 A 到 B 过程中电场力做负功,故电荷在 A 点的动能更大,粒子在 A 点时的速度大于它在 B 点时的速度,故 C 错误。

D. 由于从 A 到 B 过程中电场力做负功,故粒子的电势能增大,故 D 正确。

21. CD

【解析】A. 以点电荷为球心的球面各点的电场强度大小相等,方向不同,故电场强度不同,故 A 错误。

B. 由 $F = qE$ 可知,同一电荷受到的电场力大小相等,方向不同,故电场力不同,故 B 错误。

C. 以点电荷为球心的球面是一个等势面,即各点的电势相等,故 C 正确。

D. 由电势能与电势的关系可知,电势相同,同一电荷具有相同的电势能,故 D 正确。

22. C

【解析】A、B. 在两等量异种电荷连线上中点处的电场强度最小;在两等量异种电荷连线的中垂线上,中垂线中点处的电场强度最大;所以 b 点场强小于 d 点场强,故 AB 错误。

C. 由对称性可知, a 、 b 两点的电势差等于 b 、 c 两点的电势差,故 C 正确。

D. 因 a 点的电势高于 c 点的电势,故试探电荷 $+q$ 在 a 点的电势能大于在 c 点的电势能,故 D 错误。

23. BD

【解析】A. 根据场强的叠加和对称性,可知两电荷在 b 、 d 、 f 、 h 点上产生的场强大小相等,方向不同,则场强不同,故 A 错误。

B. 等量同种电荷间的电场线是排斥状的,且关于 ab 中点 O 对称。 b 、 d 、 f 、 h 是关于 ab 中点 O 对称的四个点,可知电势相等,故 B 正确。

C. 在 c 点由静止释放一个电子,电子所受电场力方向竖直向上,在向上运动的过程中电场力大小会发生变化,所以加速度会发生变化,做非匀加速直线运动,故 C 错误。

D. 在电子由 b 点沿 bed 圆弧移到 d 点的过程中,根据电场线的分布,可知电场力先做负功,再做正功,所以电势能先增大后减小,故 D 正确。

24. CD

【解析】A. 电场线是描述电场的一种直观手段,沿电场线的方向电势逐渐降低,所以 M 点电势高于 N 点电势,故 A 错误。

B. 电场强度由电场线的疏密来反映,电场线密的地方,电场强,反之电场弱,所以 N 点电场强,故 B 错误。

C. 电场力做正功,电势能减少;电场力做负功,电势能增加。一个正电荷从 M 点运动到 N 点的过程中,电场力做正

功,电势能减少,所以C正确。

D.将电子从M点移到N点,电场力向下,与位移方向相反,电场力做负功,故D正确。

25. B

【解析】A.设正方形的边长为L。在O点;b、c两点电荷对-q的电场力抵消,则a对-q的电场力大小为 $F_O = k \times \frac{Qq}{(\frac{\sqrt{2}}{2}L)^2} = 2k \frac{Qq}{L^2}$;在d点:根据库仑定律和力的合成得知,点

电荷q所受的电场力大小为 $F_d = k \frac{Qq}{(\sqrt{2}L)^2} + \sqrt{2}k \frac{Qq}{L^2} = (\frac{1}{2} + \sqrt{2})k \frac{Qq}{L^2}$,由数学知识得: $F_O > F_d$,故A错误。

B.根据异种电荷相互吸引和力的合成可知,q在两点所受的电场力方向均沿d→a方向,故B正确。

C、D.电场方向沿ad指向d点,则O点电势高,负电荷在电势越高处电势能越小,所以同一试探电荷+q在d点比在O点的电势能大,故CD错误。

26. B

【解析】A.a、b两点处于同一等势线上,电势相等,电场强度大小相等,但方向不同,故A错误。

B.两等量异种电荷连线的中垂线是一条等势线,则a、b两点的电势相等,根据对称性和电场线的分布可知,a、b两点的电场强度大小相等、方向相同,故B正确。

C.带电平板表面是一个等势面,则a、b两点的电势相等,由电场线的疏密看出,a点的场强小于b点的场强,故C错误。

D.平行金属板内部是匀强电场,a、b两点的电场强度相同,但b点的电势高于a点的电势,故D错误。

27. D

【解析】加电场后,A小球受到向左的电场力,B小球受到向右的电场力,电场力做正功,电势能减小,机械能增加,故A错误。

两小球远离过程中,先做加速度不断减小的加速运动,再做加速度不断变大的减速运动,故当电场力与弹力平衡时,加速度为零,动能最大,故D正确,C错误。

当弹簧伸长到最大以后,电场力对小球做负功,故B错误。

28. ACD

【解析】A.由于物体所受电场力和运动方向相反,故电场力做负功即克服电场力做功 $W = Eqs$,故A正确。

B.电场力做负功,电势能增加,故B错误。

C.电势能增加量和克服电场力做功相等,所以电势能增加了 Eqs ,故C正确。

D.物体做减速运动,合外力做负功,动能减小,由动能定理得: $\Delta E_k = F_{\text{合}}s = mas = 0.8Eqs$,故D正确。

29. D

【解析】由电场力做功与电势能的关系: $F \cdot x = -\Delta E_p$,可知 $E_p - x$ 图线的斜率表示静电力F的大小,可见静电力F逐渐减小,而 $F = qE$,故不是匀强电场,A错误;根据牛顿第二

定律粒子做加速度减小的加速运动C错误,D正确;根据能量守恒 $\Delta E_k = -\Delta E_p$,比较图线,B错误。正确选项D。

30. BD

【解析】由v-t图像的斜率渐小可知由a到b的过程中,粒子的加速度渐小,所以场强渐小, $E_a > E_b$;根据动能定理,速度增大,可知势能减小, $W_a > W_b$,可得选项BD正确。

31. ABD

【解析】A.该电场中的电势关于x轴对称,所以bd两点的电势相等,故A正确。

B.c点在两个电荷连线的中点上,也是在两个电荷连线的中垂线上,所以它的电势和无穷远处的电势相等,而正电荷周围电场的电势都比它高,即c点的电势在四个点中是最低的,故B正确。

C.该电场中的电场强度关于x轴对称,所以bd两点场强大小相等,方向是对称的,不相同的,故C错误。

D.c点的电势低于a点的电势,试探电荷+q沿圆周由a点移至c点,电场力做正功,+q的电势能减小,故D正确。

32. A

【解析】电势的单位是V, $1V = 1N \cdot m/C$ 。

A.等式右边单位是 $N \cdot m/C$,与等式左边相同,从数学角度看意义合理,故A正确。

B.等式右边单位是 $N \cdot m^2/C^2$,与等式左边单位不同,B项不合理,故B错误。

C.等式左右两边单位相同,但从数学角度分析,当 $x > R$ 时根号内 $R^2 - x^2 < 0$,没有意义了,C项不合理,故C错误。

D.等式右边单位是 $1N \cdot m^2/C$,与等式左边单位不同,D项不合理,故D错误。

第五节 电势差

1. B

【解析】根据题意A、B两点间的电势差为: $U = \frac{W}{q}$,所以ACD错误,B正确。

2. C

【解析】粒子从A到B,根据动能定理得:

$$qU_{AB} - mgh = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

因为 $v_B = 2v_0$,

若只考虑粒子在竖直方向,只受到重力,所以机械能守恒,则有 $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{由以上三式,则有 } U_{AB} = \frac{2mv_0^2}{q}$$

3. BC

【解析】A.电势差与参考零点的选择无关,故A错误。

B.电势差是一个标量,但是有正值和负值之分,故B正确。

C.由于静电力做功跟电荷移动的路径无关,由 $U = \frac{W}{q}$ 可知,电势差也跟移动电荷的路径无关,只跟这两点的位置有

关,故 C 正确。

D. A 、 B 两点的电势差是恒定的,不随零势面的不同而改变,所以 $U_{AB} = -U_{BA}$,故 D 错误。

4. AB

【解析】A. 电势差是反映电场本身性质的物理量,由电场本身决定,与所移动的电荷无关,故 A 正确。

B. 把正电荷从 A 点移到 B 点,电场力做正功,电势能降低,故 $U_{AB} > 0$,故 B 正确。

C. 根据电势差的定义式 $U = \frac{W}{q}$ 得:电场力做功 $W = qU$,可知在两点间移动电荷,电场力做功的多少由两点间的电势差和该电荷的电量决定,故 C 错误。

D. 电场中 A 、 B 两点间的电势差 U_{AB} 等于把单位正电荷 q 从 A 点移到 B 点时电场力所做的功,故 D 错误。

5. A

【解析】 A 、 B 两点的电势差为:

$$U_{AB} = \frac{W}{q} = \frac{6}{1} \text{V} = 6 \text{V}.$$

6. C

【解析】A. 电场强度 E 反映电场本身的性质,与试探电荷 q 无关,由电场力与试探电荷的电荷量的比值来定义,所以电场强度 $E = \frac{F}{q}$ 是比值定义式,故 A 错误。

B. 电势差 U 反映电场本身的性质,与试探电荷 q 无关,两点间的电势差 U 等于在两点间移动电荷电场力做的功 W 与电荷量 q 的比值,所以 $U = \frac{W}{q}$ 是比值定义式,故 B 错误。

C. 电势差 U_{AB} 的大小取决于 φ_A 、 φ_B 两点电势的高低,与两点之间电势高低有直接关系,所以电势差 $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ 不符合比值定义的思想,故 C 正确。

D. 电势 φ 反映电场本身的性质,与试探电荷 q 无关,电场中某点电势等于该点电势能与该检验电荷电荷量的比值,所以 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 是比值定义式,故 D 错误。

7. ABD

【解析】A. 等量异种点电荷连线的中垂线是一条等势线, AB 两点的电场强度的方向都与 AB 连线的方向垂直,故 A 正确。

B、C. 等量异种点电荷连线的中垂线是一条等势线,正电荷从 A 点移到 B 点,电场力不做功,其电势能保持不变,故 B 正确,C 错误。

D. 等量异种点电荷连线的中垂线是一条等势线, A 、 B 两点的连线上任意两点的电势差为零,故 D 正确。

8. C

【解析】A. 根据 $W_{AB} = qU_{AB}$ 得:在两点间移动电荷时,电场力做功的多少跟这两点间的电势差有关,故 A 错误。

B、C. 根据电势差和电场力做功公式 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 得:两点间的电势差等于从其中一点移到另一点时,电场力所做的功与电荷量的比值,1C 的负电荷在电场中从 a 移动到 b ,若电

场力做了 1J 的功,这两点间的电势差就是 -1V ,故 B 错误,C 正确。

D. 两点间的电势差是由电场本身决定的与检验电荷无关,仅由电场决定,故 D 错误。

9. A

【解析】根据电场力做功公式 $W_{AB} = qU_{AB}$, $U_{AB} < 0$, $q < 0$,则知 $W_{AB} > 0$,即电场力做正功,电势能减少,故 A 正确,BCD 错误。

10. C

【解析】A. 电势差类似于高度差,没有方向,是标量,正负表示电势的相对大小,故 A 错误。

B. A 、 B 两点间的电势差等于电势之差,由电场中两点的位置决定,与零电势点的选取无关,故 B 错误。

C. 沿电场线的方向,电势逐渐降低,故 C 正确。

D. 电势反映电场本身的性质,与放入电场中的试探电荷无关,故 D 错误。

11. D

【解析】A. 由题意可知,滑块水平方向受库仑力、滑动摩擦力,摩擦力与运动方向相反,而库仑力与运动方向相同,因滑块在 b 点静止,故一定有段时间,库仑力小于滑动摩擦力。当在滑动过程中,随着间距减小,库仑力增大,但仍小于滑动摩擦力,到达 b 点时速度减为零,故 A 错误。

B. 水平方向受大小不变的摩擦力及变大的库仑力,当在滑动过程中,随着间距减小,库仑力增大,但仍小于滑动摩擦力,所以导致加速度慢慢减小,加速度是变化的,故中间时刻的速度不等于 $\frac{v_0}{2}$,故 B 错误。

C. 由动能定理可得: $Uq - \mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$,

产生的内能 $Q = \mu mgs = Uq + \frac{1}{2}mv_0^2$,

因此在此过程中产生的内能大于动能的减少,故 C 错误。

D. 由动能定理可得: $Uq - \mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得两点间的电势差 $U = \frac{m(v_0^2 - 2\mu gs)}{2q}$,故 D 正确。

12. BD

【解析】A. 等量异种点电荷连线的中垂线是一条等势线,则知 ab 两点的电势相等,故 A 错误。

B. 电场线的疏密表示场强的大小,中垂线上 b 点处电场线最密,则 b 点场强比 a 点大, a 、 b 两点场强方向都与中垂线垂直,则 a 、 b 两点场强方向相同,故 B 正确。

C. 根据顺着电场线方向电势降低可知 b 点电势比 c 点低,两者场强方向相同,故 C 错误。

D. 根据曲线运动的合力方向指向轨迹的内侧可知,在 c 点电子所受的电场力向右,所以电子仅在电场力作用下不可能沿如图曲线轨迹从 a 点运动到 c 点,故 D 正确。

13. A

【解析】经过 a 、 b 点时的动能分别为 30eV 和 6eV;

图中虚线所示为静电场中的等势面1、2、3、4,相邻的等势面之间的电势差相等,故电荷经过相邻两个等势面时的动能减小量为 $\Delta E_k = \frac{30-6}{3} = 8\text{eV}$,故经过等势面2时的动能为 22eV 。

只有电场力做功,电势能和动能之和守恒,故有: $0\text{eV} + 22\text{eV} = 8\text{eV} + E_k$;

解得: $E_k = 14\text{eV}$ 。

故A正确、BCD错误。

14. D

【解析】A. 由轨迹的弯曲情况可知,电场力应指向曲线凹侧,且与等势面垂直(电场线垂直该处等势面),所以可以判断粒子受到的电场力的方向向左。根据粒子的运动轨迹可知,此粒子由a到b,电场力做负功;由b到c,电场力做正功,所以A错误。

B. 粒子由a到b,电场力做负功,所以粒子的电势能增加,所以b点的电势能一定大于a点的电势能,所以B错误。

C. 由于不知道源电荷的带电性质,所以不能确定ab电势的高低,所以C错误。

D. 粒子在c点和在a点的速度大小相等,但是它们的速度方向不同,所以D正确。

15. AC

【解析】A. 根据动能定理得: $-mgL\sin\theta + qU_{AB} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$,得到 $U_{AB} = \frac{mgL\sin\theta}{q}$,故A正确。

B. 小球从A运动到B的过程中,重力势能增加,电势能减小,则小球在B点的电势能一定小于小球在A点的电势能,故B错误。

C. 若电场力与重力、支持力的合力为零时,小球做匀速直线运动,到达B点时小球速度仍为 v_0 。小球的重力沿斜面向下的分力一定为 $mg\sin\theta$,则当电场力沿斜面向上,大小为 $F = mg\sin\theta$ 时,电场力最小值,场强最小,又电场力 $F = Eq$,则该电场的场强最小值一定是 $\frac{mg\sin\theta}{q}$,故C正确。

D. 若该电场是斜面中点正上方某点的点电荷Q产生的,则小球在A、B两点电势相等,电势能相等,重力做负功,小球到达B点的速度小于 v_0 ,与题不符,故D错误。

16. ACD

【解析】A. 电荷A、B为两等量异种电荷,产生的电场关于AB连线的中垂线对称,则可知a点与c点的电场强度相同,故A正确。

B. 电场线方向从A到B,顺着电场线,电势降低,则a点电势高于c点电势,故B错误。

C. 由于AB产生的电场关于AB连线的中垂线左右对称,又 $ab = bc$,根据 $U = Ed$ 可定性分析得出a、b间电势差与b、c间电势差相等,故C正确。

D. A、B连线的中垂线是一条等势线,点电荷q沿A、B连线的中垂线移动时,电场力不做功,故D正确。

17. BD

【解析】A. 在运动的过程中,电场力是变力,合力不恒定,则从A到C小球做的运动不是匀变速运动,故A错误。

B. 小球从A到C的过程中,重力和库仑力都做功,根据动能定理得, $2mgR - qU_{AC} = \frac{1}{2}mv^2$, $v = \sqrt{5gR}$,则 $U_{AC} = -\frac{mgR}{2q}$ 。AB间的电势差与AC间的电势差相等,所以B、A间的电势差为 $\frac{mgR}{2q}$,故B正确。

C. A到C,除重力做功外,还有库仑力做功,所以机械能不守恒,故C错误。

D. 根据动能定理得, $mgR + qU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,得 $v = \sqrt{3gR}$,故D正确。

18. AB

【解析】A. 由运动的速度-时间图像可看出,带正电的粒子的加速度在A点时较大,由牛顿第二定律得知在A点的电场力大,故A点的电场强度一定大于B点的电场强度,故A正确。

B. 由A到B的过程中,速度越来越大,说明是电场力做正功,电势能转化为动能,由功能关系可知,此过程中电势能减少,正电荷在A点时的电势能大于在B点时的电势能,所以A点的电势能高于B点的电势能,故B正确。

C. 从C到D,粒子速度一直不变,故电场力做功为零,可知CD间各点电场强度为零,但电势不一定为零,故C错误。

D. A、C两点的速度相等,故粒子的动能相同,因此从A到B和从B到C电场力做功的绝对值相同,AB两点间的电势差等于CB两点间的电势差,故D错误。

19. C

【解析】由题意, $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 75\text{V}$,则得: $\varphi_A > \varphi_B$;

$U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -200\text{V}$,则得: $\varphi_B < \varphi_C$;

又 $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = (75 - 200)\text{V} = -125\text{V}$,则得:

$\varphi_A < \varphi_C$;

故有: $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$;故ABD错误,C正确。

20. B

【解析】由于电场力向内,位移也向内,故电场力做正功;电场力做功与路径无关,只与初末位置有关,故沿路径①做的功等于沿路径②所做的功。

21. B

【解析】粒子从a到b做减速运动,动能减少 18eV ,由于相邻两等势面间电势差相等,所以从a到c的过程中动能减少 12eV ,因此c点动能为 8eV 。此时电势能为0,因此总能量为 8eV ,则当粒子的电势能等于 -6eV 时,动能为 14eV 。

22. C

【解析】a点与b点等势,小滑块第一次由a到b,由动能定理: $-\mu mg \cdot 2 \times \frac{1}{4} = 0 - E_{k0}$ 求得:小滑块与水平面间动摩擦因数 $\mu = \frac{2E_0}{mgl}$,故A错误。

B. 小滑块第一次由O到b,由动能定理:

$$-\mu mg \times \frac{1}{4} + qU_{Ob} = 0 - E_{k0}$$

O 、 b 两点间电势差为 $U_{Ob} = -\frac{3E_0}{2q}$, 故 B 错误, C 正确。

D. 由 a 第一次到 O 时静电力做功为 W , 有 $-f\frac{l}{4} + W = 2E_{k0} - E_{k0}$ 。

由 a 开始到最后停在 O 点, 有 $W - fs_{\text{总}} = 0 - E_{k0}$ 。

由以上得: $s_{\text{总}} = \frac{5l}{4}$, 故 D 错误。

23. C

【解析】小球通过 B 点时的速度最大, 则在 B 点时小球所受的电场力与重力平衡, 则有 $mg = qE_B$, 得 $E_B = \frac{mg}{q}$ 。小球从 O 到 C 的过程中, 由动能定理得: $qU_{OC} - mgh = 0$, 可以求出 OC 间的电势差, 因为 OB 间的距离和最大速度未知, 无法求出 OB 间的电势差, 也无法求出 BC 间的电势差以及 B 点的电势。 C 点的电场强度未知, 无法求出 C 点所受的电场力, 故 C 正确, A、B、D 错误。

24. 125V

【解析】在电场中把电量为 $-2.0 \times 10^{-9} \text{C}$ 的电荷从 a 点移到 b 点, 电场力做功 $1.5 \times 10^{-7} \text{J}$, 再把这个电荷从 b 点移到 c 点, 克服电场力做功 $4.0 \times 10^{-7} \text{J}$, 故电场力做的总功为: $W_{ac} = W_{ab} + W_{bc} = 1.5 \times 10^{-7} \text{J} - 4.0 \times 10^{-7} \text{J} = -2.5 \times 10^{-7} \text{J}$

$$\text{则 } U_{ac} = \frac{W_{ac}}{q} = \frac{-2.5 \times 10^{-7}}{-2 \times 10^{-9}} = 125 \text{V}$$

25. 从 A 到 C ; 4

【解析】质子带正电, 从 A 点移到 B 点和 C 点静电力分别做功 $3.2 \times 10^{-19} \text{J}$ 和 $9.6 \times 10^{-19} \text{J}$, 电场力做正功, 说明电场线的方向从 A 到 C 。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}; U_{AC} = \frac{W_{AC}}{q}; \text{所以 } U_{BC} = U_{AC} - U_{AB} = \frac{W_{AC} - W_{AB}}{q} = \frac{9.6 \times 10^{-19} - 3.2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 4 \text{V}$$

26. (1) AB 间电势差 100V;

(2) 如以 B 点的电势为零, 则 A 点的电势为 100V。

【解析】(1) AB 间的电势差:

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-3 \times 10^{-4}}{-3 \times 10^{-6}} \text{V} = 100 \text{V}$$

(2) 取 B 点电势为零, 根据电势差的定义公式, 有

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

$$\varphi_B = 0 \text{V}$$

解得:

$$\varphi_A = 100 \text{V}$$

27. 见解析

【解析】(1) A 点电场强度的大小

$$E_A = \frac{F_A}{q} = \frac{2.0 \times 10^{-4}}{-4.0 \times 10^{-8}} \text{N/C} = 5.0 \times 10^3 \text{N/C}$$

(2) A 、 B 两点间的电势差

$$U_{AB} = \frac{W}{q} = \frac{8.0 \times 10^{-7}}{-4.0 \times 10^{-8}} \text{V} = -20 \text{V}$$

28. 见解析

【解析】(1) 根据点电荷电势公式, 可得 A 、 B 两点的电势分别为: $\varphi_A = k \frac{Q}{r_A} = 4.5 \times 10^4 \text{V}$, $\varphi_B = k \frac{Q}{r_B} = 9.0 \times 10^4 \text{V}$,

$$A、B \text{ 间的电势差为: } U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 4.5 \times 10^4 - 9.0 \times 10^4 = -4.5 \times 10^4 \text{V}$$

(2) 设从 A 到 B 过程中电势能变化量为 ΔE_p , 根据电场力做功与电势能变化的关系有: $\Delta E_p = -W_E = -qU_{AB}$

$$\text{代入数值得: } \Delta E_p = -4 \times 10^{-12} \times (-4.5 \times 10^4) = 1.8 \times 10^{-7} \text{J}.$$

29. 见解析

【解析】(1) V (伏特)

$$(2) E_0 = k \frac{Q}{R^2} Q = \frac{E_0 R^2}{k}$$

$$(3) \Delta U = "S" = \frac{1}{2} E_0 R$$

$$(4) \text{由动能定理 } \frac{1}{2} m v_0^2 = q \Delta U = q \frac{1}{2} E_0 R$$

30. 见解析

【解析】(1) 这一电荷必为正电荷, 设其电荷量为 q , 由牛顿第二定律,

$$\text{在 } A \text{ 点时: } mg - k \frac{Qq}{h^2} = m \cdot \frac{3}{4} g$$

$$\text{在 } B \text{ 点时: } k \frac{Qq}{\left(\frac{1}{4}h\right)^2} - mg = m \cdot a_B$$

解得: $a_B = 3g$, 方向竖直向上

(2) 点电荷从 A 到 B 过程, 由动能定理有:

$$mg\left(h - \frac{1}{4}h\right) + qU_{AB} = 0,$$

$$\text{得: } U_{AB} = -\frac{3kQ}{h}$$

第六节 电势差与电场强度的关系

1. BC

【解析】A. 由平均速度关系可知, 设下落 t 秒时的速度为 v , 再次回到 A 点时的速度大小为 v_x 则满足 $\frac{v}{2}t = \frac{v_x + (-v)}{2}t$,

即第二次回到 A 点时的速度大小 $v_x = 2v$, 为下落 t 秒时的 2 倍, 物体做自由落体运动的过程中: $v = gt$ ①

增加电场后的加速度 a' , 则: $v_x = -v + a't$ ②

比较①②可得, 上升加速度 a' 为自由落体加速度的 3 倍。

由牛顿第二定律得: $F_{\text{电}} - mg = ma'$, $F_{\text{电}} = ma' + mg = 4mg$, 电场力为重力的 4 倍。

电场力做功对应电势能变化: $W = Fh = 4mg \times \frac{1}{2}gt^2$, B 正确, A 错误。

C. 减速的时候加速度为自由下落时的 3 倍, 所以时间为自由下落的三分之一, 总位移为 $h = \frac{1}{2}gt^2 \times \frac{4}{3} = \frac{2}{3}gt^2$, 所

以重力势能变化为 $\Delta E_p = \frac{2}{3}mg^2t^2$, 则 C 正确。

D. 最低点时小球速度为零, 所以从加电场开始到最低点时, 动能变化 $\Delta E_k = mg \times \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}mg^2t^2$, 则 D 错误。

2. D

【解析】A. 物体的机械能先减小, 后保持不变, 故电场力先做负功, 后不做功, 故电场强度方向向上, 再根据机械能的变化关系可知, 电场力做功越来越小, 故电场强度不断减小, 故 AB 错误。

C. 根据牛顿第二定律可知, 物体受重力与电场力, 且电场力越来越小, 故加速度越来越大, 故 C 错误, D 正确。

3. C

【解析】A. 滑块从 A 到 B 过程, 由动能定理得: $-qU_{AB} - \mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 A、B 两点间的电势差 $U_{AB} = -\frac{2\mu mgL + mv_m^2}{2q}$, 故 A 错误。

B. 小金属块由 A 点向 O 点运动的过程中, 电场力一直做正功, 电势能一直减小, 故 B 错误。

C. 由题意知, A 到 B 过程, 金属块做减速运动, B 到 O 过程做加速运动, 在 B 点金属块所受的滑动摩擦力与库仑力平衡, 则有 $\mu mg = k\frac{Qq}{r^2}$, 得 $r = \sqrt{\frac{kQq}{\mu mg}}$, 故 C 正确。

D. 从 B 到 C 的过程中, 小金属块的动能全部转化为电势能和内能, 故 D 错误。

4. A

【解析】A. 根据轨迹弯曲方向判断出粒子之间存在引力, 它与固定在 O 点的电荷是异种电荷, 故质点带正电荷, 质点从 a 到 b, 电势升高, 电势能就增加; 从 b 到 c 电势能减小, 质点在 b 点的电势能最大, 则动能最小, 故 A 正确。

B. 根据点电荷的电场线特点, Q 与 ac 距离相等, 都小于 b, 故 b 点的电势最高, a、c 两点的电势相等, 即 $\varphi_a = \varphi_c < \varphi_b$, 故 B 错误。

C. 质点在 a、b、c 三点时的加速度大小要根据库仑定律求出库仑力, 由图可知, $r_a = r_c = \frac{\sqrt{2}}{2}r_b$, 代入库仑定律: $F = k\frac{q_1q_2}{r^2}$,

$$\text{可得: } \frac{F_a}{F_b} = \frac{r_b^2}{r_a^2} = \frac{2}{1}$$

由牛顿第二定律: $\frac{a_a}{a_b} = \frac{2}{1}$, 所以质点在 a、b、c 三点处的加速度大小之比为 2:1:2, 故 C 错误。

D. 若将 d 处的点电荷改为 +Q, 质点受到斥力, 轨迹不可能为曲线 abc, 故 D 错误。

5. B

【解析】A、C. 微粒受重力和电场力, 做匀速圆周运动, 如果轨道圆心在坐标原点 O 上重力不可能一直指向圆心, 故不可能做匀速圆周运动, 故 A 错误, C 错误。

B. 微粒受重力和电场力, 做匀速圆周运动, 如果微粒带负电, 轨道圆心在 z 轴的负半轴上某一点, 合力方向水平就可能做匀速圆周运动, 类似圆锥摆的运动, 故 B 正确。

D. 微粒受重力和电场力, 做匀速圆周运动, 如果该微粒带正电, 轨道圆心在 z 轴的正半轴上某一点, 合力不可能指向圆心, 故不可能做匀速圆周运动, 故 D 错误。

6. C

【解析】A. 沿着电场线方向电势降低, 所以 a 点的电场强度方向与 x 轴方向相同, 故 A 错误。

B. b 点的等势面比 a 点的等势面密, 则 b 点的场强比 a 点的大, 即 a 点的场强小于 b 点的场强, 故 B 错误。

C. 若一带电粒子沿 x 轴从 a 点移到 b 点, 电场力做负功, 则带电粒子的电势能一定增加, 若只有电场力做功, 则动能减小, 故 C 正确, D 错误。

7. A

【解析】A. 由图知无穷远处的电势为 0, A 点的电势为零, 由于沿着电场线电势降低, 所以 O 点电荷 q_1 带正电, M 点电荷 q_2 带负电, 由于 A 点距离 O 比较远而距离 M 比较近, 所以 q_1 电荷量大于 q_2 的电荷量, 故 A 错误, B 正确。

C. 该图像的斜率等于场强 E, 则知 C 点电场强度为零, 故 C 正确。

D. N→D 段中, 电势先升高后降低, 所以场强方向先沿 x 轴负方向, 后沿 x 轴正方向, 将一负点电荷从 N 点移到 D 点, 电场力先做正功后做负功, 故 D 正确。

8. BD

【解析】A. 电势能先减小后增大, 则电场力做正功后做负功, 故 A 错误。

B、C. 电势能 E_p 随位移 x 的变化关系图像的斜率表示电场力的大小, 因此电场力先减小后增大, 故 B 正确, C 错误。

D. 正电荷从 A 到 B 仅在电场力作用下, 电场力先做正功, 后做负功, 则说明电场力方向变化, 即电场线方向先向右, 后向左, 所以电势先降低后升高, 故 D 正确。

9. ACD

【解析】A. 由乙图可知, 小球在 B 点的加速度最大, 故受力最大, 加速度由电场力提供, 故 B 点的电场强度最大, $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, $a = \frac{qE}{m}$, 解得 $E = 1.2 \text{ V/m}$, 故 A 正确。

B. 从 C 到 A 电场力一直做正功, 故电势能一直减小, 故 B 错误, C 正确。

D. 由 C 到 B 电场力做功为 $W = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$, CB 间电势差为 $U = \frac{W}{q} = 0.9 \text{ V}$, 故 D 正确。

10. AD

【解析】A. 由于涂料微粒有初速度, 故不一定沿电场线方向运动, 故 A 正确。

B. 由图知, 工件带正电, 则在涂料微粒向工件靠近的过程中, 涂料微粒带负电, 离工件越近, 根据库仑定律得知, 涂料微粒所受库仑力越大, 故 B 错误。

C、D. 涂料微粒所受的电场力方向向左, 其位移方向大体

向左,则电场力对涂料微粒做正功,其电势能减小,故 C 错误,D 正确。

11. D

【解析】粒子仅受电场力作用,做初速度为零的加速直线运动,电场力做功等于电势能的减小量,故: $F = \left| \frac{\Delta E_p}{\Delta x} \right|$, 即 $E_p - x$ 图像上某点切线的斜率表示电场力。

A. $E_p - x$ 图像上某点切线的斜率表示电场力,故电场力逐渐减小,根据 $E = \frac{F}{q}$, 故电场强度也逐渐减小;故 A 错误。

B. 根据动能定理,有: $F \cdot \Delta x = \Delta E_k$, 故 $E_k - x$ 图线上某点切线的斜率表示电场力;由于电场力逐渐减小,与 B 图矛盾,故 B 错误。

C. 按照 C 图,速度随着位移均匀增加,而相同位移所用的时间逐渐减小(加速运动),故加速度逐渐增加;而电场力减小导致加速度减小。故矛盾,故 C 错误。

D. 粒子做加速度减小的加速运动,故 D 正确。

12. A

【解析】A. 小球在竖直方向上做竖直上抛运动,根据对称性得知,从 A 点至 M 点和从 M 点至 B 点的时间 t 相等。

小球在水平方向上做初速为零的匀加速直线运动,设加速度为 a ,则有:

$$x_1 = \frac{1}{2}at^2$$

$$x_2 = \frac{1}{2}a(2t)^2 - \frac{1}{2}at^2 = \frac{3}{2}at^2$$

所以 $\frac{x_1}{x_2} = \frac{1}{3}$, 故 A 正确, B 错误。

C. 小球从 A 到 M, 水平方向上电场力做功为: $W_{\text{电}} = Eqx_1 = 6\text{J}$, 则从 A 到 B 水平方向上电场力做功为: $W_{\text{电}}' = Eq(x_1 + x_2) = 4W_{\text{电}} = 24\text{J}$ 。

由能量守恒可知, 小球运动到 B 点时的动能为: $E_{kB} = E_{k0} + 4W_{\text{电}} = 8 + 24\text{J} = 32\text{J}$, 故 C 错误。

D. 由题, $\frac{1}{2}mv_A^2 = 8\text{J}$,

$$\text{得: } v_A = \frac{4}{\sqrt{m}}$$

在竖直方向上, 有: $v_A = gt = \frac{G}{m}t$,

$$\text{所以 } \frac{4}{\sqrt{m}} = \frac{G}{m}t \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$\frac{1}{2}mv_M^2 = 6\text{J},$$

$$\text{得: } v_M = \sqrt{\frac{12}{m}}$$

在水平方向上, 有 $v_M = at = \frac{F}{m}t$,

$$\text{则得: } \sqrt{\frac{12}{m}} = \frac{F}{m}t \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\text{所以 } \textcircled{2} : \textcircled{1} \text{ 得 } \frac{F}{G} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

设小球运动时间为 t 时动能为 E_k , 则:

$$E_k = \frac{1}{2}m(v_0 - gt)^2 + \frac{1}{2}m(at)^2$$

$$\text{化简为: } (g^2 + a^2)t^2 - 2v_0gt + v_0^2 - \frac{2E_k}{m} = 0$$

$$\text{当 } \Delta = 0 \text{ 时有极值, 则: } 4v_0^2g^2 - 4(g^2 + a^2)\left(v_0^2 - \frac{2E_k}{m}\right) = 0$$

$$\text{得: } E_k = \frac{a^2}{g^2 + a^2}E_{k0}$$

$$\text{由 } \frac{F}{m} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{得: } a = \frac{\sqrt{3}}{2}g$$

$$\text{即: } E_{k\min} = \frac{3}{7}E_{k0} = \frac{3}{7} \times 8\text{J} = \frac{24}{7}, \text{ 故 D 错误。}$$

13. C

【解析】由异种点电荷的电场强度关系可知, 在两电荷连线中点偏 $-q$ 处电场强度最小, 但不是零, 从两点电荷连线向中点偏负电荷的电场强度逐渐减小。

14. C

【解析】A. 由于物体所受电场力和运动方向相同, 故电场力做正功 $W = qEs$, 故 A 错误。

B. 电场力做正功, 电势能减小, 物体的电势能减小了 qEs , 故 B 错误。

C. 除重力外其余力做的功等于机械能的增加量; 除重力外只有电场力做功, 由于电场力做功为 qEs , 机械能增加 qEs , 故 C 正确。

D. 物体做减速运动, 合外力做负功, 动能减小, 由动能定理得: $\Delta E_k = -F_{\text{合}}s = -mas = -0.6Eqs$, 所以物体的动能减少了 $0.6qEs$, 故 D 错误。

15. D

【解析】A. 由于等势线的电势沿 x 轴正向增加, 根据等势线与电场线垂直, 可作出电场线, 电子所受的电场力与场强方向相反, 故电子在 y 轴左侧受到一个斜向右下方的电场力, 在 y 轴右侧受到一个斜向右上方的电场力, 故电子沿 x 轴方向一直加速, 对负电荷来说是从低电势向高电势运动, 故 A 错误。

B. 根据等势线的疏密知道 b 点处的电场线也密, 场强大, 电子的加速度大, 故 B 错误。

C. 根据负电荷在电势低处电势能大, 可知电子的电势能一直减小, 则电子在 a 处的电势能大于在 b 处的电势能。

D. 电子的电势能一直减小, 则电子穿过电场的过程中, 电场力始终做正功, 动能增加, 故 C 错误, D 正确。

16. BD

【解析】电荷量相等的两个异种点电荷的电场线的分布如图 9 所示, 与题目中的图对比, 依据矢量的合成法则可知:

A. A 点和 B 点的电场强度方向不同, 所以 A 错误。

B. A 点和 C 点的电场强度大小相等, 方向相同, 所以 B 正确。

C. 由电场的对称性可得, P、A 两点间的电势差等于 C、Q

两点间的电势差,所以 C 错误。

D. 将正电荷 q 从 A 点沿直线移到 B 点的过程中,电场力的方向与运动方向之间的夹角是锐角,电场力做正功,所以 D 正确。

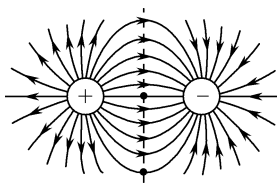


图 9

17. D

【解析】A. 根据电场分布可知, OM 间的平均电场强度比 NO 之间的平均电场强度小,故由公式 $U = Ed$ 可知, OM 间的电势差小于 NO 间的电势差,故 A 错误。

B. 根据电场线与等势线垂直的特点,在 M 点所在电场线上找到 P 点的等势点,根据沿电场线电势降低可知, P 点的电势比 M 点的电势高,故 B 错误。

C. O 点电势高于 Q 点,根据 $E_P = \varphi_Q$ 可知,正电荷在 O 点时的电势能大于在 Q 点时的电势能,故 C 错误。

D. M 点的电势比 P 点的电势低,负电荷从低电势移动到高电势电场力做正功,故 D 正确。

18. B

【解析】选取无穷远为 0 势能点,将 $x < 0$ 区域的两个点的电势都代入电势的表达式 $E_P = \frac{kQ}{r}$,又 $E_{P总} = E_{P1} + E_{P2}$,所以在 x 小于 0 的区间内, $E_{P总} = -\frac{kQ}{r}$ 。当 $r = -1$ 时,有最大值,故 B 正确。

19. B

【解析】A. 甲图中两点电场线方向不同,故电场强度的方向不同,故 A 错误。

B. a, b 两点方向均水平向左,且两电荷中垂线为等势面,故电势相等,因两点关于连线对称,故电场强度相等,故 B 正确。

C. a, b 两点电势相等,但两点的场强大小不等,故 C 错误。

D. a, b 两点不在同一等势面上,故电势不相等,故 D 错误。

20. B

【解析】对 A 球从 A 到 B 由动能定理得 $mgR + qRE = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,碰撞后交换速度, B 球到达最高点由牛顿第二定律可知 $mg = \frac{mv'^2}{R}$

对 B 球由动能定律可知; $-2mgR = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2$

联立解得 $E = \frac{2mv_0^2 - 6mgR}{qR}$

21. B

【解析】由题意, AB 是等势面,所以 CD 也是等势面,电场线的方向沿 DA 方向。设边长为 L , $E = \frac{U}{L}$

正方向转动后的位置如图 10 所示,根据旋转的性质由图中的几何关系可得:设 $\angle CBF = \theta$,

则: $\angle C_1BF_1 = \angle MBC_1$; $\angle MBF_1 = 2\theta$

根据勾股定理得到: $BF_1 = \sqrt{L^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}L}{2}$;

$MF_1 = BF_1 \sin 2\theta$ 。

其中: $\sin \theta = \frac{CF}{BF} = \frac{\sqrt{5}}{5}$, $\cos \theta = \frac{BC}{BF} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$

又: $U_{F_1} = E \cdot MF_1$

联立以上各式,代入数据解得: $\varphi_{F_1} = \frac{2\sqrt{5}}{5}U$,所以选项 B

正确,选项 ACD 错误。

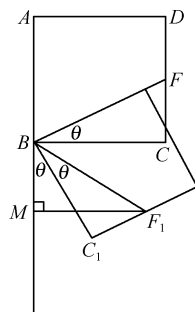


图 10

22. B

【解析】电量为 q 的正检验电荷放在 a 点时恰好平衡,根据平衡条件得

$$qE = \frac{kQq}{r^2}$$

匀强电场的场强 $E = \frac{kQ}{r^2}$,

正点电荷 Q 在 a, c 两点的电势相等,所以

$U_{ac} = Ed = 2Er = 2\frac{kQq}{r}$,故 A 错误, B 正确。

正点电荷 Q 在 b, d 两点电势相等,在匀强电场中 bd 为等势线,所以 bd 两点电势差为零,故 CD 错误。

23. AC

【解析】 φ 表示电势。

A、B. 因为电场是匀强电场,在同一条电场线上, M 点的电势是 A、D 两点电势的平均值。 N 点的电势是 B、C 两点电势的平均值,即: $\varphi_M = \frac{\varphi_A + \varphi_D}{2}$; $\varphi_N = \frac{\varphi_B + \varphi_C}{2}$;

所以: $W_{MN} = qU_{MN} = q(\varphi_M - \varphi_N)$

$= q\left(\frac{\varphi_A + \varphi_D}{2} - \frac{\varphi_B + \varphi_C}{2}\right) = \frac{1}{2}q(\varphi_A - \varphi_B) + \frac{1}{2}q(\varphi_D - \varphi_C)$
 $= \frac{1}{2}W_{AB} + \frac{1}{2}W_{DC} = 3.0 \times 10^{-9} \text{ J}$,故 A 正确, B 错误。

C. 由公式 $W = qU$, $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{2.0 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-9}} \text{ V} = 1 \text{ V}$,故 C

正确。

D. 由 $W_{AB} = qU_{AB} = qEd$, 若电场方向恰好沿 AB 方向, 则 d 等于 AB 间的距离, $d = 1\text{cm}$, 则 $E = \frac{U}{d} = \frac{1}{0.01} = 100\text{V/m}$, 若电场方向不沿 AB 方向, 则 $d < 1\text{cm}$, 得到 $E > 100\text{V/m}$, 故 D 错误。

24. B

【解析】A、B. $\varphi-x$ 图像的斜率大小等于电场强度, 由几何知识得知, 斜率先减小后增大, 则电场强度先减小后增大, 故 A 错误, B 正确。

C. 由图可知沿 x 轴方向电势逐渐升高, 则电场线方向沿 x 负方向, 电子所受电场力方向沿 x 轴正方向, 所以电子从静止开始沿 x 轴正方向运动, 故 C 错误。

D. 由静止释放后, 电场力对电子做正功, 电子的电势能减小, 故 D 错误。

25. CD

【解析】A. 通过受力分析, 当电场力和重力刚好提供所需向心力时, 对轨道无压力, 故 A 错误。

B. 当电场力小于重力时, 由动能定理可知: $2qER - 2mgR = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_P^2$, 得 v_Q 大于 v_P , 故 B 错误。

C. 从 P 到 Q 点的过程中, 电场力做正功, 故机械能增加, 故 C 正确。

D. 当电场力大于重力时, 由动能定理: $2qER - 2mgR = \frac{1}{2}mv_Q^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ①

小球恰能通过 Q 点时, $mg - qE = m \frac{v_0^2}{R}$ ②

联立①②解得: $v_0 = \sqrt{5gR - \frac{5qER}{m}}$;

所以要使小球能通过 Q 点 $v_0 \geq \sqrt{5gR - \frac{5qER}{m}}$;

设小球通过 Q 点时, 轨道对小球的压力为 N , 小球对轨道的压力为 N'

由牛顿第三定律得 $N = N'$

要保证圆形轨道不脱离地面, $N' < mg$;

即 $N < mg$

受力分析, 解得: $mg - qE + N = m \frac{v_0^2}{R}$ ③

解①③得: $v_0 < \sqrt{6gR - \frac{5qER}{m}}$

所以得: $\sqrt{5gR - \frac{5qER}{m}} \leq v_0 < \sqrt{6gR - \frac{5qER}{m}}$, 故 D 正确。

26. A

【解析】A. 由图看出, 电势逐渐降低, 可判断出电场线的方向从 A 到 B , 在移动过程中, 电场力对质子做正功, 电子的动能增大, 速度增大, 而电子的电势能减小, 即有 $v_A > v_B$, $E_{PA} > E_{PB}$, 故 A 正确, D 错误。

B. $\varphi-x$ 图像的斜率大小等于电场强度, 由几何知识得知, 图像的斜率减小, 则从 A 到 B 场强减小, 则有 $E_A > E_B$, 故 B

错误。

C. 电场线的方向从 A 到 B , 则 A 、 B 两点的电势 $\varphi_A > \varphi_B$, 故 C 错误。

27. 见解析

【解析】(1) 电场力做正功, 电势能就减小, 电场力做负功, 电势能就增加, 增加的电势能等于电场力做的功, 所以电荷由 A 移到 B , 其电势能增加了 0.1J , 电场力对电荷就做 -0.1J 的功。

(2) 由 $W_{AB} = qU_{AB}$ 可得, $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-0.1}{-2 \times 10^{-3}}\text{V} = 50\text{V}$ 。

(3) A 、 B 两点间沿电场线方向的距离为 $d = 2 \times \cos 60^\circ = 1\text{cm} = 1 \times 10^{-2}\text{m}$, 由 $U = Ed$ 得, $E = \frac{U}{d} = \frac{50}{1 \times 10^{-2}}\text{V/m} = 5 \times 10^3\text{V/m}$ 。

28. (1) O 点的电势为 4V ; (2) 该匀强电场的电场强度大小为 2V/m , 方向由 C 到 A 。

【解析】(1) 如图 11 所示, 过 O 点作 AC 的垂线 BD , 则 D 为 AC 的中点, $\varphi_D = 4\text{V}$ 。

又 $\varphi_B = 4\text{V}$, 则 BD 为等势线, O 在 BD 上, 故 $\varphi_O = 4\text{V}$ 。

(2) 由于电场线与等势线垂直, 则 AC 为一条电场线, 且电场方向由 C 到 A 。

由 $U_{CA} = E/d_{CA}$ 得 $E = 2\text{V/m}$

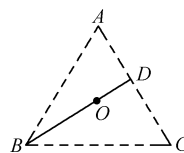


图 11

29. 见解析

【解析】(1) 由图可知, O 与 d (或 $-d$) 两点间的电势差为 φ_0 , 电场强度的大小 $E = \frac{\varphi_0}{d}$,

电场力的大小 $F = qE = \frac{q\varphi_0}{d}$ 。

(2) 设粒子在 $[-x, x]$ 区间内运动, 速率为 v , 由题意得 $\frac{1}{2}mv^2 - q\varphi = -A$ ①

由图可知 $\varphi = \varphi_0 \left(1 - \frac{|x|}{d}\right)$ ②

由①②得 $\frac{1}{2}mv^2 = q\varphi_0 \left(1 - \frac{|x|}{d}\right) - A$ ③

因动能非负, 有 $q\varphi_0 \left(1 - \frac{|x|}{d}\right) - A \geq 0$

得 $|x| \leq d \left(1 - \frac{A}{q\varphi_0}\right)$

即 $x = d \left(1 - \frac{A}{q\varphi_0}\right)$ ④

粒子运动区间 $-d \left(1 - \frac{A}{q\varphi_0}\right) \leq x \leq d \left(1 - \frac{A}{q\varphi_0}\right)$

(3) 考虑粒子从 $-x_0$ 处开始运动的四分之一周期

根据牛顿第二定律,粒子的加速度 $a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = \frac{q\varphi_0}{md}$ ⑤

由匀加速直线运动 $t = \sqrt{\frac{2x_0}{a}}$

将④⑤代入,得 $t = \sqrt{\frac{2md^2}{q\varphi_0} \left(1 - \frac{A}{q\varphi_0}\right)}$

粒子运动周期 $T = 4t = \frac{4d}{q\varphi_0} \sqrt{2m(q\varphi_0 - A)}$ 。

30. B

【解析】 O 点合场强为零,在 O 点右侧每一点合场强方向向右,在 O 点左侧每一点合场强方向向左,沿电场方向电势降低,所以 O 点电势最高,B 项正确;ACD 错误。

31. 见解析

【解析】根据题意,小球受到电场力为 $F = qE = 1.0 \times 10^{-7} \text{ C} \times \sqrt{3} \text{ N} = \sqrt{3} \times 10^{-3} \text{ N}$,重力 $G = mg = 1.0 \times 10^{-4} \times 10 \text{ N} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 。

则 $qE = \sqrt{3}mg$,电场力与重力的合力与水平方向的夹角为 30° 。

所以小球沿两个力的合力方向做初速度为零的匀加速直线运动,小球从 A 点开始沿直线到达 C ,由动能定理得:

$$qEL(1 + \sin 30^\circ) + mgL \cos 30^\circ = \frac{1}{2}mv_C^2$$

在 C 点,小球沿直线 AC 方向能量损失。

圆弧切线方向速度 $v_1 = v_C \sin 30^\circ$

C 到 B 过程,据动能定理得: $mgL(1 - \cos 30^\circ) - EqL \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

对 B 处对小球受力分析如图 12 所示,

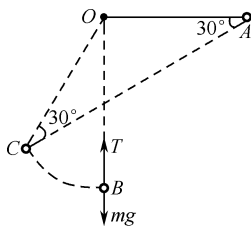


图 12

根据牛顿第二定律得: $T - mg = \frac{mv_B^2}{L}$

联立以上各式得: $T = (3 - \sqrt{3})mg = 1.27mg$

根据牛顿第三定律,点电荷对细线的拉力为 $1.27mg$,方向竖直向下。

第七节 静电现象的应用

1. B

【解析】由题意可知,良好接地,目的是为了消除静电,这些要求与消毒无关。

静电会产生火花、热量,麻醉剂为易挥发性物品,遇到火花或热源便会爆炸,就像油罐车一样,在运输或贮存过程中,会产生静电,汽油属于易挥发性物品,所以它的后面要安装

接地线(软编织地线),以防爆炸,麻醉剂与之同理,故 B 正确,ACD 错误。

2. C

【解析】A. 电饭煲是利用了电流的热效应来加热的,故 A 错误。

B. 电话是利用电磁波传递信息,利用了电流的磁效应来工作的,故 B 错误。

C. 复印机复印文件资料,就是利用静电墨粉吸附在鼓上,故 C 正确。

D. 电冰箱是利用物态变化时的吸热和放热原理制冷的,故 D 错误。

3. C

【解析】地板在施工中,地板下面要铺设铝箔,铝箔要连接到地下预埋导体就是要将地板上的静电导走,所以防静电地板必须是导电的,如地板中含有导电纤维,这样才能将静电导走。故选项 C 正确,ABD 错误。

4. A

【解析】A. 当打雷的时候,由于静电的感应,在高大的建筑物顶端积累了很多的静电,容易导致雷击事故,所以在高大的建筑物顶端安装避雷针可以把雷电引入地下,保护建筑物的安全,属于防止静电,符合题意。

B. 小汽车上有一根露在外面的小天线,属于尖端放电,属于静电的应用,不符合题意。

C. 静电除尘时除尘器中的空气被电离,烟雾颗粒吸附电子而带负电,颗粒向电源正极运动,属于静电应用,不符合题意。

D. 喷枪喷出的油漆微粒带正电,因相互排斥而散开,形成雾状,被喷涂的物体带负电,对雾状油漆产生引力,把油漆吸到表面,属于静电应用,不符合题意。

5. BD

【解析】A. 由于金属网罩的静电屏蔽作用,B 的内表面不带电,故 A 错误。

B. 由于静电感应,金属网罩表面的自由电子重新分布,根据“近异远同”的结论,B 的右侧外表面带正电荷,故 B 正确。

C. 由于金属网罩的静电屏蔽作用,B 的内部电场强度处处为零,故验电器的金箔不张开,故 C 错误。

D. 金属网罩处于静电平衡状态,是等势体,故其左右两侧电势相等,故 D 正确。

6. A

【解析】金属空心导体放在匀强电场中,出现静电感应现象,最终处于静电平衡状态,导体内部的场强处处为零,所以 a 、 b 两点的电场强度都为零。

处于静电平衡的导体的电势处处相等,即为等势体。故 A 正确,BCD 错误。

7. D

【解析】电视机工作时,由于电子运动到了屏幕上,使屏幕带了电,而带电体有吸引轻小物体的性质,故把灰尘吸引到了屏幕上。

8. A

【解析】由于摩擦使塑料刻度尺带电,靠近轻小的纸片时,由于静电感应从而使轻小的纸片出现极化现象,靠近塑料的一侧带上异种电荷,导致两者有静电引力作用。故 A 正确,BCD 错误。

9. A

【解析】导体处于点电荷电场中,出现静电感应现象,根据电荷守恒定律,导体上 B 端带上正电荷,则说明 A 端带上负电荷,B 端的电子受到小球所带电荷的吸引力,所以小球带正电。故 A 正确,BCD 错误。

10. ACD

【解析】A. 当打雷的时候,由于静电的感应,在高大的建筑物顶端积累了很多的静电,容易导致雷击事故,所以在高大的建筑物顶端安装避雷针可以把雷电引入地下,保护建筑物的安全,所以 A 正确。

B. 水泥厂利用静电除去废气中的粉尘,这是对于静电的应用,所以 B 错误。

C. 由于车的运动,轮胎和地面之间会产生静电,在制造轮胎的橡胶中添加导电材料可以及时地把产生的静电导走,所以 C 正确。

D. 油罐车在运动的过程中,由于里面的油晃动,也会摩擦产生静电,后面拖一条铁链就可以及时地把产生的静电导走,所以 D 正确。

11. C

【解析】在雷雨天气,高楼上空出现带电云层时,避雷针和高楼顶部都被感应上大量电荷,由于避雷针针头是尖的,所以静电感应时,导体尖端总是聚集了最多的电荷。这样,避雷针就聚集了大部分电荷。避雷针又与这些带电云层形成了一个电容器,由于它较尖,即这个电容器的两极板正对面积很小,电容也就很小,也就是说它所能容纳的电荷很少,而它又聚集了大部分电荷。所以,当云层上电荷较多时,避雷针与云层之间的空气就很容易被击穿,成为导体。这样,带电云层与避雷针形成通路,而避雷针又是接地的,避雷针就可以把云层上的正电荷导入大地,形成向下的电流,使其不对高层建筑构成危险,保证了它的安全,所以 C 正确。

12. C

【解析】如图枕形导体在带正电的小球附近时,枕形导体上的自由电子会向金属棒右边运动,金属棒的右端因有了多余的电子而带负电,左端因缺少电子而带正电;而当闭合任何开关时,导体就会与大地连接,会使大地的电子流入枕形导体。

13. D

【解析】“高压带电作业服”是用大量的铜丝编织而成,这一做法最主要的目的是静电屏蔽,在电场中处于静电感应平衡状态,是等势体,内部场强处处为零,故甲认为错误,处于静电平衡的导体是等势体,电势不一定为零,故乙错误,丙丁正确。

14. AC

【解析】达到静电平衡后,导体为等势体,导体上的电势

处处相等,所以可以得到 $\varphi_a = \varphi_b$,由于正电荷在右边,所以 a 端带正电, b 端带负电。

由于杆处于静电平衡状态,所以内部的场强为零,所以 AC 正确, BD 错误。

15. D

【解析】A. 离得越近,导体上的电子与负电荷排斥力越大,越会向左排斥,故 A 端带负电荷, B 端带正电荷,故 A 错误。

B. 导体处于静电平衡状态,内部场强处处为零,故 B 错误。

C. 导体处于静电平衡状态,导体是等势体, M 点的电势与 N 点的电势相等,故 C 错误。

D. 导体处于静电平衡状态,内部场强处处为零,即感应电荷的场强和带电小球的场强等大、反向、共线,由于带电小球在 M 点产生的场强大,故感应电荷在 M 点产生的场强也大,故 D 正确。

16. C

【解析】A、B. 当达到静电平衡时整个导体是一个等势体,则导体 A 端电势等于 B 端电势,故 A 错误, B 错误。

C. 当达到静电平衡时导体中心 O 点的场强为 0,故 C 正确。

D. 枕形导体 AB 原来不带电,放置在负电荷的电场中发生静电感应,其内部的电荷重新分布,并没有产生电荷,所以导体整体仍然不带电,故 D 错误。

17. A

【解析】导体棒 C、D 处于电场中,使得导体棒 C 左端带负电,右端带正电;而导体棒 D 的左端带负电,右端带正电。当导线将两金属棒接通的瞬间,电子发生移动从 D 左端流自 C 的右端,从 y 到 x,电流的方向和电子定向移动的方向相反,电流的方向是从 x 到 y。

18. B

【解析】A. 为了防止尖端放电,雷雨天避免使用手机和上网,故 A 错误。

B. 为了防止尖端放电,远离金属门窗、建筑物外墙和带电设备,故 B 正确。

C. 金属骨架的雨伞有尖端,为了防止尖端放电,不能撑着金属骨架的雨伞在雨中行走,故 C 错误。

D. 由于潮湿的大树是导电的,为了防止尖端放电,不能躲在大树底下避雨,故 D 错误。

19. C

【解析】金属导体处在负电荷的电场中,由于静电感应现象,导体的右端要感应出正电荷,在导体的左端会出现负电荷,所以导体两端的验电箔都张开,且左端(N 端)带负电,右端带正电,所以 C 正确。

20. A

【解析】A. 小纸人会在玻璃板下被吸住,又被弹下去而跳跃起舞,这是因为泡沫与玻璃摩擦,使玻璃带电吸引纸人,若将玻璃板换成钢板,则带电效果将更好,可以使效果更明显,故 A 正确。

B. 向舞区哈一口气,由于含有大量的水分,电量会减小,效果减弱,故 B 错误。

C. 将玻璃板和地面用导线连接,电量会流入大地,电量减小,故效果不明显,故 C 错误。

D. 用火烤不会增大带电量,效果不会明显,故 D 错误。

21. B

【解析】①雷雨天,雷电容易通过电线被引入用电器中,所以不宜使用无防雷措施的电器或防雷措施不足的电器,故①正确。

②为了防止尖端放电,远离金属门窗、建筑物外墙和带电设备,故②正确。

③为了防止尖端放电,雷雨天避免使用手机,故③错误。

④由于潮湿的大树是导电的,为了防止尖端放电,不能躲在大树底下避雨,故④正确,故①②④正确。

22. D

【解析】A、B、C. 利用静电可以进行静电除尘、静电喷涂、静电复印等,故 A、B、C 不符合题意。

D. 油罐车在运输过程中产生静电,若不及时导走,当人碰到会被击伤,通过连接地线导走是对静电的消除,故 D 符合题意。

23. C

【解析】A. 工作人员在工作时应避免产生静电,可以穿纯棉衣服,但不是必须的,故 A 错误。

B. 用塑料梳子梳头时会产生静电,故 B 错误。

C. 化纤手套与接触物容易摩擦起电,故会引起静电,从而有引起油料燃烧的危险,故 C 正确。

D. 这些图标都是为了减少静电的产生,不是静电屏蔽,故 D 错误。

24. AD

【解析】A. 电场线密的地方电场强度大,电场线疏的地方电场强度小,则 a 、 c 两点的电场强度大小关系为 $E_a > E_c$,所以 A 正确。

B. 沿电场方向电势降低,所以 a 点电势比 b 点电势高,所以 B 错误。

C. 由图可知,负点电荷从 a 到 b 的过程中,电场力做负功,电势能增加,即在 a 点处的电势能小于它在 b 点处的电势能,所以 C 错误。

D. 由图可判断,正点电荷由电势高的 a 点移到电势低的 c 点,电场力做正功,粒子的电势能逐渐减小,所以 D 正确。

25. B

【解析】管内接通静电高压时,管内存在强电场,它使空气电离而产生阴离子和阳离子。阴离子在电场力的作用下,向正极移动时,碰到烟尘微粒使它带负电。所以金属管 Q 应接高压电源的正极,金属丝 B 接负极,构成类似于点电荷的辐向电场,所以越靠近金属丝,电场强度越强,故 A 错误,CD 也错误,B 正确。

26. AD

【解析】A. 枕形导体在点电荷附近,出现静电感应现象,导致电荷重新分布。因此在枕形导体内部出现感应电荷的

电场,正好与点电荷的电场叠加,内部电场强度处处为零,故 A 正确。

B. A 、 B 两点场强相等,且都为零,故 B 错误。

C. 点电荷产生的电场在 A 点的场强大于在 B 点的场强,在枕形导体内部出现感应电荷的电场,正好与点电荷的电场叠加,叠加后电场为零,所以感应电荷产生的附加电场 $E_A > E_B$,故 C 错误。

D. 当电键 S 闭合时,电子从大地沿导线移向导体,中和枕形导体右端的正电荷,相当于右端正电荷流向远端,故 D 正确。

27. B

【解析】达到静电平衡后,导体为等势体,导体上的电势处处相等,所以可以得到 $\varphi_4 = \varphi_3$, $\varphi_2 = \varphi_1$,由于正电荷在右边,所以越往右,电场的电势越高,所以 $\varphi_4 = \varphi_3 > \varphi_2 = \varphi_1$,所以 B 正确。

28. BC

【解析】屏蔽服作用是在穿上后,使处于高压电场中的人体外表面各部位形成一个等电位屏蔽面,从而防护人体免受高压电场及电磁波的危害。等电位说明电势相等而不是等于 0,电势相等时电势差为 0,电场强度为 0。

所以 BC 正确,AD 错误。

29. D

【解析】由题意可知,静电感应现象使 A 带正电, B 带负电。导体原来不带电,只是在金属球 C 的正电荷的作用下,导体中的自由电子向 B 部分移动,使 B 部分多带了电子而带负电; A 部分少了电子而带正电。根据电荷守恒可知, A 部分转移的电子数目和 B 部分多余的电子数目是相同的,但由于电荷之间的作用力与距离有关,距离越小,作用力越大,因此更多的电子容易转移到最接近 C 的位置,导致电子在导体上分布不均匀,从 B 端到 A 端,电子分布越来越稀疏,所以从不同位置切开时, Q_A 、 Q_B 的值不同。故只有 D 正确,ABC 错误。

30. BD

【解析】带正电的矿粉受到向左的电场力作用,落在左侧,电场力对矿粉做正功,矿粉电势能变小,选项 BD 正确。

31. B

【解析】电力工人高压带电作业,全身穿戴金属丝网制成的衣、帽、手套、鞋,可以对人体起到静电屏蔽作用,使人安全作业。因为塑料和油摩擦容易起电,产生的静电荷不易泄漏,形成静电积累,易造成爆炸和火灾事故。一辆金属车身的汽车也是最好的“避雷所”,一旦汽车被雷击中,它的金属构架会将闪电电流导入地下。选项 B 正确。

32. BC

【解析】静电平衡时,电荷都分布在导体的外表面,所以让 B 球置于球壳 A 的空腔中与内表面接触后, B 上面的电荷都跑到 A 壳外面了,之后 B 球不带电,球壳内没有电场。 C 球依然带电。

C 球接地后, C 上的电荷都跑到地球远端去了,同时 C 上还感应出了负电荷,在正电荷 A 的吸引下,负电荷被吸到 B 上了,于是在 A 的内表面感应了等量的正电荷,保证了球壳 A

的金属内部(薄片内)没有电场,球壳的空腔内还是有电场的,因为此时 B 带电了,故 BC 正确,AD 错误。

第八节 电容器的电容

1. BC

【解析】由公式 $C = \epsilon \frac{S}{4\pi kd}$ 知,当被测物体带动电介质板向左移动时,导致两极板间电介质减小,那么其电容 C 减小,由公式 $C = \frac{Q}{U}$ 知,电荷量不变时, U 增大,故 BC 正确,AD 错误。

2. D

【解析】A、B. 保持开关闭合,电路稳定时电路中没有电流,则电容器两端的电势差等于电源的电动势,故电容器两端的电势差不变,不论 A、B 两板靠近些,还是将变阻器滑动触头向左移动,静电计指针张角不变,故 AB 错误。

C. 断开电键,电容器的带电量 Q 不变,将 A、B 两极板分开一些,则 d 增大,根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,可知电容减小,而 Q 不变,根据 $C = \frac{Q}{U}$,知电容器极板间电势差增大,静电计指针张角增大,故 C 错误。

D. 断开电键,电容器带电量 Q 不变,在 A、B 插入一块电介质,则据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,可知电容增大,而 Q 不变,根据 $C = \frac{Q}{U}$,知电容器极板间电势差减小,静电计指针张角减小,故 D 正确。

3. AD

【解析】振动膜片振动时,电容器两极板的距离变大,电容减小,由 $C = \frac{Q}{U}$ 知, U 不变的情况下,电容器所带电荷量 Q 减小,电容器放电, R 中形成自下向上的电流。

由 $E = \frac{U}{d}$ 知, U 不变, d 增大,则场强 E 减小,故 AD 正确,BC 错误。

4. B

【解析】将极板 A 向上移动少许,即正对面积减小,根据电容 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 分析得知,电容 C 减小,而电容器的电量 Q 不变,则由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 分析得知,板间电势差 U 增大,则静电计指针的偏转角度一定增大。

5. AC

【解析】A. 当 d 增大, S 不变时,由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知:电容 C 减小,而板间电压 U 不变,由 $C = \frac{Q}{U}$ 知 Q 减小,由 $E = \frac{U}{d}$ 知 E 减小,故 A 正确。

B. 当 S 增大, d 不变时,由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知:电容 C 增大,而板间电压 U 不变,由 $C = \frac{Q}{U}$ 知 Q 增大,由 $E = \frac{U}{d}$ 知 E 不变,故 B

错误。

C. 当 d 减小, S 增大时,由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知:电容 C 增大,而板间电压 U 不变,由 $C = \frac{Q}{U}$ 知 Q 增大,由 $E = \frac{U}{d}$ 知 E 增大,故 C 正确。

D. 当 S 减小, d 增大时,由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知:电容 C 减小,而板间电压 U 不变,由 $C = \frac{Q}{U}$ 知 Q 减小,由 $E = \frac{U}{d}$ 知 E 减小,故 D 错误。

6. C

【解析】当带电量增加,极板间距减小时,根据板间电场强度 $E = \frac{U}{d}$, $C = \frac{Q}{U}$ 及 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 得到 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$,由题知 ϵ 、 S 都不变,而 Q 的增大,则板间电场强度 E 变大。板间电势差 $U = Ed$, E 的变大,而 d 减小,无法确定电压的变化。

7. B

【解析】设质点距离 A 板的高度为 h , A、B 两板原来的距离为 d ,电压为 U ,质点的电量为 q 。

A. 由题知质点到达 b 孔时速度恰为零,根据动能定理得 $mg(h+d) - qU = 0$ 。

若保持 S 闭合,将 A 板适当上移,设质点到达 b 时速度为 v ,由动能定理得 $mg(h+d) - qU = \frac{1}{2}mv^2$, $v = 0$,说明质点到达 b 孔时速度恰为零,然后返回,不能穿过 b 孔,故 A 错误。

B. 若保持 S 闭合,将 B 板适当下移距离 Δd ,由动能定理得 $mg(h+d+\Delta d) - qU = \frac{1}{2}mv^2$,则 $v > 0$,质点能穿过 b 孔,故 B 正确。

C. 若断开 S 时,将 A 板适当上移,板间电场强度不变,设 A 板上移距离为 Δd ,质点进入电场的深度为 d' 时速度为零。

由动能定理得 $mg(h-\Delta d) - qEd' = 0$,又由原来情况有 $mg(h+d) - qEd = 0$,比较两式得 $d' < d$,说明质点在到达 b 孔之前,速度减为零,然后返回,故 C 错误。

D. 若断开 S,再将 B 板适当下移,根据动能定理,并由 C 选项分析可知,质点在到达 b 孔之前,速度减为零,然后返回,故 D 错误。

8. A

【解析】A、B. 当保持开关 S 闭合,则两极板间的电压不变。若减小两板间的距离,导致平行板电容器的电容增大,从而导致电容器的电量增多,因此两板间的电场强度增加,所以电场力大于重力,出现液滴向上运动,故 A 正确, B 错误。

C、D. 当断开开关 S,则两极板间的电量不变。若减小两板间的距离,则导致平行板电容器的电容增大,从而导致电容器的电压减小。由于极板的电量、正对面积及电介质均没变,所以两板间的电场强度仍不变,因此电场力仍等于重力,则液滴仍处于静止状态,故 C、D 错误。

9. B

【解析】根据电容公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 说明电容变为 2 倍, 根据电容定义式 $C = \frac{Q}{U}$, 发现电量变为原来的 2 倍, 电容也变为原来的 2 倍, 所以电势差不变, 根据场强关系 $E = \frac{U}{d}$, d 变为原来的 $\frac{1}{2}$, 所以场强变为 2 倍, 故 A、C、D 错误, B 正确。

10. BD

【解析】A. 平行板电容器与电源始终连接, 电势差不变。将正极板上移时, d 增大, 根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知, 电容减小, 根据 $Q = CU$, 则带电量减小。根据 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 知电场强度减小, 则 P 与负极板间的电势差减小, P 点的电势减小, 正电荷在 P 点的电势能减小, 故 A 错误。

B. 平行板电容器与电源始终连接, 电势差不变。将正极板下移时, d 减小, 根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知, 电容增大, 根据 $Q = CU$, 则带电量增大。根据 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 知电场强度增大, 则 P 与负极板间的电势差增大, P 点的电势增加, 正电荷在 P 点的电势能增大, 故 B 正确。

C. 下极板向上移少许, d 减小, 根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知, 电容增大, 根据 $Q = CU$, 则带电量增大。根据 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 知电场强度增大, 则 P 与正极板间的电势差增大, P 点的电势减小, 正电荷在 P 点的电势能减小, 故 C 错误。

D. 当下极板向下移少许, 由上面分析知, d 增大, 根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知, 电容减小, 根据 $Q = CU$, 则带电量减小。根据 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 知电场强度减小, 则 P 与正极板间的电势差减小, 与负极板间的电势差增大, P 点的电势升高, 正电荷在 P 点的电势能增大, 故 D 正确。

11. C

【解析】根据电容公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$, 再由 $Q = CU$ 及 $E = \frac{U}{d}$, 可得: $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 当压力增大, d 增大, 导致电容器的电容减小, 因图中 S 一直闭合, 则电容器的电压仍不变, 根据 $C = \frac{Q}{U}$, 可知电量在减小, 由于正对面积与电介质没有变化, 则电场强度减小, 所以带电小球受力减小, 小于重力, 则向下运动。故 C 正确, ABD 错误。

12. CD

【解析】A. 将 B 板下移时, 由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$, 知 C_1 将减小, 而 MN 板不动, 故 MN 的电容 C_2 不变, 故 A 错误。

B、C、D. 假设 Q 不变, 则由 $C = \frac{Q}{U}$ 知 AB 板间的电压 U_1 将增大, 大于 MN 间的电压, 故 AB 板将向 MN 板充电; 故 Q_1

减小, Q_2 增大; 充电完成, 稳定后, MN 及 AB 间的电压均增大, 故对 Q 分析可知, Q 受到的电场力增大, 故 Q 将上移。

对 AB 板分析可知, $E_1 = \frac{U_1}{d} = \frac{Q_1}{Cd} = \frac{Q_1}{\frac{\epsilon S}{4\pi kd} \cdot d} = \frac{4\pi kQ_1}{\epsilon S}$, 故

电场强度减小, 故 P 受到的电场力减小, 故 P 将向下运动, 故 B 错误, CD 正确。

13. B

【解析】A. 电容器的带电量: $Q = CU$, 所以电路不断开, 电容器的带电量也不会不断增加, 故 A 错误。

B. 电容器接电源正极的极板带正电, 接电源负极的极板带负电, 电容器的带电量等于每一个极板的带电量, 故 B 正确, C 错误。

D. 电容器充电完成后, 由于两个极板的电性不同, 所以充电后电容器两极板之间存在电场, 故 D 错误。

14. D

【解析】两电容并联时, 相当于扩大了电容器极板的面积, 所以并联后的电容是两个电容器电容的和, 所以:

$$C_{\text{并}} = C_1 + C_2 = 3\mu\text{F} + 6\mu\text{F} = 9\mu\text{F}$$

要保证两者都安全, 则所加最大电压为 200V。

15. BC

【解析】电流是由于正负极板电荷中和而产生的, 电荷中和后就没电流了, 所以只能产生短时间的电流。

由于电容器带电量为 q , 说明电容器两极板分别带有等量异种电荷, 电量为 q ; 正极带电 $+q$, 负极带电 $-q$ 。负极板的电子移动到正极板, 中和了正极板的正电荷, 通过导线的电荷数量为 q 。

16. D

【解析】A. 根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 知, d 增大, 则电容减小, 故 A 错误。

B. 静电计测量的是电容器两端的电势差, 因为电容器始终与电源相连, 则电势差不变, 所以静电计指针张角不变, 故 B 错误。

C. 电势差不变, d 增大, 则电场强度减小, 则带电油滴所受电场力变小, 故 C 错误。

D. 电容器与电源断开, 则电荷量不变。 d 改变, 根据 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$, 知电场强度不变, 则油滴所受电场力不变, 故 D 正确。

17. AC

【解析】A. 将上极板竖直向下移动时, d 减小, 电容器的电压 U 不变, 由 $E = \frac{U}{d}$ 分析得知, 板间场强增大, 则油滴所受电场力增大, 油滴将竖直向上运动, 故 A 正确。

B、C. P 点到下极板的距离不变, 而 E 增大, 由 $U = Ed$ 知, P 点与下极板间电势差增大, P 点的电势大于零, 则 P 点的电势升高, 由于油滴带负电, 则带电油滴的电势能将减少, 故 B 错误, C 正确。

D. d 减小, 由 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$, 知电容 C 增大, U 不变, 由 $C =$

$\frac{Q}{U}$ 分析可知电容器所带电量增加,故 D 错误。

18. A

【解析】A、B. 保持电键 S 闭合,电容器的板间电压 U 不变,将 A 板向 B 板靠近,板间距离 d 减小,由公式 $E = \frac{U}{d}$ 分析得到板间场强增大,小球所受的电场力增大,则 θ 增大,故 A 正确,B 错误。

C、D. 电容器充电后电键 S 断开,电容器所带电量 q 不变,两板正对面积和介电常量都不变,根据 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 、 $E = \frac{U}{d}$ 结合可得 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$,得知板间场强 E 不变,小球所受电场力不变,则将 A 板向 B 板靠近时, θ 不变,故 C、D 错误。

19. BC

【解析】A. 将 S 断开,电量 Q 不变,增大板间距离 d ,根据 $E = \frac{U}{d}$ 、 $U = \frac{Q}{C}$ 、 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,则 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$,与 d 无关,则 E 不变,带电液滴不动,故 A 错误。

B. 将 S 断开, Q 不变,将两板水平地向相反方向移开一些,正对面积 S 减小,根据 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$ 知, E 变大,则电场力变大,液滴向上运动,故 B 正确。

C. 保持开关闭合,板间距离 d 变小,电势差不变,根据 $E = \frac{U}{d}$ 知,电场强度增大,电场力增大,液滴将向上运动,故 C 正确。

D. 保持开关闭合,以两板各自的左侧板沿为轴,逆时针方向转过一个小角度,板间距离减小,场强增大,电场力也逆时针转过一个小角度,液滴将沿电场力与重力的合力方向运动,不可能竖直向上运动,故 D 错误。

20. A

【解析】由图分析可知电容器极板上的电荷量几乎不变。将极板 B 稍向上移动一点,极板正对面积减小,静电计张角增大,电容器极板间电压变大,由公式 $C = \frac{Q}{U}$ 可判断出电容变小,故 A 正确,BCD 错误。

21. A

【解析】电容器充电后,先把电源断开,根据电荷守恒定律,不论两板间的距离怎么变,带电量不变;

根据公式 $C = \frac{Q}{U}$ 、 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$ 、 $U = Ed$,有:

$E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$ 故场强与极板距离无关,场强不变。

若两板间的距离变大,根据公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,电容器的电容减小,根据公式 $C = \frac{Q}{U}$,可知电压 U 变大,故 A 正确,BCD 错误。

22. D

【解析】A. 电容器的电容与电容器板间电压无关,加电

压或不加电压时,电容都是 10F,故 A 错误。

B. 这个电容器能容纳的最大电荷量为 $Q = CU = 10 \times 50C = 500C$,故 B 错误。

C. 由 $Q = CU$ 分析可知,这个电容器储存的电荷量与电压成正比,所以电容器储存的电荷量不一定为 500C,故 C 错误。

D. 这个电容器两端的电压等于 10V 时,电容器的电量为 $Q = CU = 10 \times 10C = 100C$,则两极板电荷量绝对值之和为 200C,故 D 正确。

23. A

【解析】 $C = \frac{Q}{U}$ 是电容的定义式,电容器电容的大小与电容的带电量 Q 以及电容器两极板之间的电压无关,只要电容器不变其电容就不发生变化,故 A 错误,BD 正确。

根据 $C = \frac{Q}{U}$,有 $Q = CU$,由于电容器不变,因此电量 Q 和电压 U 成正比,故 C 正确。

24. C

【解析】A. 在形成电流曲线 1 的过程中,开关 S 与 1 端相连,电容器在充电,所带电量增大,电容不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 分析可知极板间电压增大,故 A 错误。

B. 在形成电流曲线 2 的过程中,开关 S 与 2 端相连,电容器在放电,在放电的过程中,电容器的电荷量减小,但电容反映电容器本身的特性,与电压和电量无关,保持不变,故 B 错误。

C. $I-t$ 图线 with 时间轴围成的面积表示电荷量。由于电容器充电和放电的电量相等,所以曲线 1 与横轴所围面积等于曲线 2 与横轴所围面积,故 C 正确。

D. S 接 1 端,只要时间足够长,电容器充电完毕,电路中没有电流,电源的内电压为零,电容器极板间的电压等于电源的电动势 E ,故 D 错误。

25. D

【解析】A. A 向上移时,板间距离增大,根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,得知电容器的电容变小,故 A 错误。

B. P 向左移,拔出电介质,根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$,得知电容器的电容变小,故 B 错误。

C. A 向上移,电容减小,而电容器板间电压不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$,分析可知电容器的电量减小,通过 R 放电,则流过电阻 R 的电流方向从 M 到 N,故 C 错误。

D. P 向左移,电容减小,而电容器板间电压不变,由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$,分析可知电容器的电量减小,通过 R 放电,则流过电阻 R 的电流方向从 M 到 N,故 D 正确。

26. C

【解析】A. a 、 b 间电压不变, a 振动过程中,板间距离周期性变化,则由公式 $E = \frac{U}{d}$ 分析得知, a 、 b 板间的电场强度也会

周期性变化,故 A 错误。

B. a 振动过程中, a 、 b 间电压不变,由公式 $C = \frac{Q}{U}$ 分析得知, a 、 b 板所带的电量会周期性变化,故 B 错误。

C. a 向右的位移最大时, a 、 b 板间的距离最小,则 a 、 b 构成的电容器的电容最大,故 C 正确。

D. a 振动过程中, a 、 b 板所带的电量会周期性变化,电容器放电和充电周期性交替产生,所以灵敏电流计中电流的方向也会周期性变化,故 D 错误。

27. A

【解析】A. 保持 K 闭合,则两板间的电势差不变;则 C 板右移后, d 增大,则由 $E = \frac{U}{d}$ 可知 E 减小;则由共点力的平衡条件可知, α 角将减小,故 A 正确,B 错误。

C. 断开电键时,总电量不变 $Q_1 + Q_2 = Q$,而 $U = U_1 = U_2$;故由 $Q = CU$ 可知, $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{UC_1}{UC_2} = \frac{C_1}{C_2}$;则向右移动极板后, C_2 减小,故 Q_2 减小;而 BC 间的电场强度 $E_2 = \frac{4\pi k Q_2}{\epsilon S}$,故 E_2 减小, α 角变小,故 CD 错误。

28. BD

【解析】根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 知:增大 S 或减小 d 即增大板材的厚度都能使电容增大。

29. C

【解析】由于含电容的部分相当于断路,静电计部分断路,所以电路中无电流,电压表示数为零,静电计测量的是电源两端的电势差,所以静电计两端的电势差为 6.0V,故 C 正确,A、B、D 错误。

30. 见解析

【解析】根据力的平衡和力的合成(如图 13 所示), $Eq = mg \tan \frac{\pi}{6}$,根据电场强度与电势差的关系及电容的定义得 $E = \frac{Q}{Cd}$,所以 $Q = \frac{\sqrt{3}mgCd}{3q}$;第二次充电后, $Q' = \frac{\sqrt{3}mgCd}{q}$,所以第二次充电使电容器正极板增加的电荷量 $\Delta Q = Q' - Q = \frac{2\sqrt{3}mgCd}{3q} = 2Q$ 。

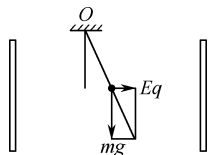


图 13

31. C

【解析】根据微粒的运动轨迹可知其合力竖直向下,重力和电场力的大小关系不能确定,所以电场力的方向无法确定,电场力做功无法判断,所以电势能的变化无法确定,AB 项错误。微粒的合力一定做正功,所以微粒的动能一定增加,C 项正确;电场力做功无法判断,所以机械能的变化无法

确定,D 项错误。

32. AD

【解析】电场强度 $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon S}$,因为 Q 不变, d 变化,但是电场强度 E 不变。因为 $U = \frac{Q}{C} = \frac{4\pi k d Q}{\epsilon S} = at + b$,因为 Q 、 S 是定量,知 d 随时间成线性变化,故 A、D 正确,B、C 错误。



第九节 带电粒子在电场中的运动

1. ABD

【解析】由图知,正方形区域 $ABCD$ 处在场强为 E 的匀强电场中。假设小球带正电:

第一种情况,若电场的方向平行于 AD 向左,小球在匀强电场中做匀减速直线运动,若能达到 CD 端,根据动能定理得: $-qEL = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$,则 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 - qEL$,即到达 CD 边时动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 - qEL$,故 B 正确。若不能到达 CD 端,则又返回到 AB 端,电场力做功为零,则动能为: $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2$,故 A 正确。

第二种情况,若电场的方向平行于 AD 向上或向下,小球在匀强电场中做类平抛运动,偏转位移最大为 $\frac{1}{2}L$,电场力做功最多为 $qE \frac{1}{2}L$,根据动能定理,则最大动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}qEL$,若小球从 CD 射出电场,其动能小于 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}qEL$,可能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{4}qEL$,不可能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2}{3}qEL$,故 C 错误,D 正确。

2. C

【解析】带电粒子的初速度为 v_0 时,由类平抛运动的规律得:

$$d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a\left(\frac{L}{v_0}\right)^2$$

如图 14 所示,当它的竖直位移等于板间距 d ,它的水平射程为 $2L$ 时,设它通过电场的偏转距离为 y 。根据推论可知:粒子离开电场时速度的反向延长线交于上板的中点,则根据几何知识有

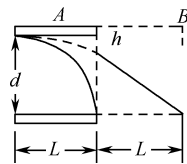


图 14

$$\frac{y}{d} = \frac{\frac{1}{2}L}{\frac{3}{2}L}, \text{得 } y = \frac{1}{3}d$$

$$\text{由 } y = \frac{1}{2} a \left(\frac{L}{v_1} \right)^2 = \frac{1}{3} d$$

$$\text{可得 } v_1 = \sqrt{3} v_0$$

3. BD

【解析】A. 由图知, 电容器板间电场方向向下, 油滴所受的电场力向上, 则知油滴带负电, 故 A 错误, B 正确。

C. 根据油滴受力平衡得: $mg = qE = q \frac{U}{d}$, 得 $q = \frac{mgd}{U}$, 所以要求出两板间的距离、电压和油滴的质量才能求出油滴的电量, 故 C 错误。

D. 根据密立根油滴实验研究知: 该实验测得油滴所带电荷量等于元电荷的整数倍, 故 D 正确。

4. D

【解析】A. 由题知, 两个电荷都做类平抛运动, 竖直方向做匀加速运动, 其加速度为:

$$a = \frac{qE}{m}$$

$$\text{竖直位移为: } y = \frac{1}{2} at^2,$$

$$\text{得: } y = \frac{qE}{2m} t^2$$

由图看出, 相遇时, M 的竖直位移大于 N 的竖直位移, 而 m 、 E 、 t 相等, 则得到 M 的比荷大于 N 的比荷, M 的加速度大于 N 的加速度, 故 A 错误。

$$\text{B. 速度偏转角为 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qEt}{mv_0}, \text{ 对 } M: \tan \theta = \frac{q_M EL_M}{mv_0^2},$$

对 $N: \tan \theta' = \frac{q_N EL_N}{mv_0'^2}$, 故偏转角不同, 故 B 错误。

C. 从轨迹可以看出: $x_M > x_N$, 故 $v_M t > v_N t$, 故 $v_M > v_N$, 故 C 错误。

$$\text{D. 从轨迹可以看出: } y_M > y_N, \text{ 故 } \frac{1}{2} \frac{q_M E}{m_M} t^2 > \frac{1}{2} \frac{q_N E}{m_N} t^2,$$

因两个质量相等的带电粒子 M 和 N , 解得: $q_M > q_N$,

电场力做的功: $W = qEd$, 电场强度 E 相同, M 电荷量大, 竖直方向上的分位移大, 电场力对粒子 M 做功更多, 故 D 正确。

5. A

【解析】A. 粒子射入电场在水平方向上做匀速直线运动, 在竖直方向上前半个周期内先做匀加速直线运动, 在后半个周期内做匀减速直线运动, 一个周期末竖直方向上的分速度为零, 可知粒子射出电场时的速度方向一定沿垂直电场的方向, 故 A 正确。

B. 在 $t = \frac{T}{2}$ 时刻, 粒子在水平方向上的分速度为 v_0 , 因为两平行金属板 MN 、 PQ 的板长和板间距离相等, 则有: $v_0 T = \frac{v_y}{2} \cdot \frac{T}{2} \times 2$, 解得 $v_y = 2v_0$, 根据平行四边形定则知, 粒子的速度为 $v = \sqrt{5}v_0$, 故 B 错误。

C. 若该粒子在 $\frac{T}{2}$ 时刻以速度 v_0 进入电场, 粒子在竖直方向上的运动情况与 0 时刻进入时运动的方向相反, 运动规

律相同, 则粒子不会打在板上, 故 C 错误。

D. 若该粒子的入射速度变为 $2v_0$, 则粒子射出电场的时间 $t = \frac{L}{2v_0} = \frac{T}{2}$, 故 D 错误。

6. CD

【解析】粒子做类似平抛运动, 根据分运动公式, 有:

$$\text{水平方向: } L = v_0 t$$

$$\text{竖直方向: } v = \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{其中: } a = \frac{qU}{md}$$

联立解得:

$$y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$$

A. 改变两平行导体板间距 d 为原来的一半, 根据 $y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$, y 增加为 2 倍, 故 A 错误。

B. 改变两导体板所加电压 U 为原来的一半, 根据 $y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$, y 减小为 $\frac{1}{2}$ 倍, 故 B 错误。

C. 改变电子沿极板方向运动距离 L 为原来的一半, 根据 $y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$, y 减小为 $\frac{1}{4}$ 倍, 故 C 正确。

D. 改变电子射入两极板时的速度为原来的 2 倍, 根据 $y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$, y 减小为 $\frac{1}{4}$ 倍, 故 D 正确。

7. AD

【解析】A. 粒子做直线运动, 合力方向与速度方向必定在同一直线上, 则可判断出电场力的方向水平向左, 而电场方向水平向右, 所以粒子带负电, 故 A 正确。

B. 由于合力的方向与速度方向相反, 电场力与重力均是恒力, 合力也是恒力, 则粒子做匀减速运动, 故 B 错误。

C、D. 电场力做负功, 所以根据功能关系得知, 粒子的机械能减小, 电势能增加, 故 C 错误, D 正确。

8. A

【解析】微粒受到重力和电场力两个力作用, 两个力都是恒力, 合力也是恒力; 将微粒的运动分解为水平和竖直两个方向, 粒子水平方向做匀加速运动, 竖直方向做竖直上抛运动; 微粒最后都垂直打在金属板上, 说明两个微粒到达极板时, 竖直方向的分速度都等于 0。

A. 微粒在竖直方向做竖直上抛运动, 上升的高度: $h = \frac{v_0^2}{2g}$, 所以上升高度比较大的微粒 a 的入射速度较大, 故 A 正确。

B. 两个微粒分别向两个极板运动, 说明两个微粒的电性相反。在运动的过程中, 水平方向电场力做功, 到达极板时的动能: $\frac{1}{2} mv_x^2 = qE \cdot \frac{d}{2}$, 由于微粒的质量、电量都是未知量, 所以不能判断出两个微粒的质量、电量之间的关系, 也不能判断出二者水平方向的分速度的大小关系, 故 BCD 错误。

9. CD

【解析】A、B. 小球做匀变速直线运动,合力应与速度在同一直线上,即在 ON 直线上,因 $mg = Eq$,所以电场力 Eq 与重力关于 ON 对称,根据数学知识得:电场力 qE 与水平方向的夹角应为 30° ,受力情况如图 15 所示,合力沿 ON 方向向下,大小为 mg ,所以加速度为 g ,方向沿 ON 向下,故 A 错误, B 错误。

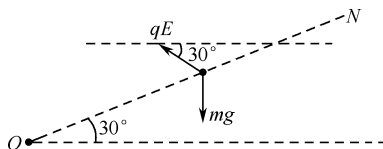


图 15

C. 经对 A 的分析可知,小球做匀减速直线运动,由运动学公式可得最大位移为 $x = \frac{v_0^2}{2g}$,则最大高度为 $h = x \sin 30^\circ = \frac{v_0^2}{4g}$,故 C 正确。

D. 小球返回原位置所用时间为 t ,由于运动的对称性可得返回时的速度大小与开始时相等,方向相反,得: $t = \frac{-v_0 - v_0}{-g} = \frac{2v_0}{g}$,故 D 正确。

10. B

【解析】A. 在 $0 < t < t_0$,电子所受电场力方向向左,电子向左做匀加速直线运动,速度逐渐增大,故 A 错误。

B. 在 $t_0 < t < 2t_0$,电子所受的电场力方向向右,电子向左做匀减速直线运动, $2t_0$ 时速度为零,故 B 正确。

C. 在 $2t_0 < t < 3t_0$,电子所受电场力方向向右,电子向右做匀加速直线运动,故 C 错误。

D. 在 $3t_0 < t < 4t_0$,电子所受电场力方向向左,电子向右做匀减速直线运动,故 D 错误。

11. D

【解析】离子在加速电场中加速的过程,根据动能定理:

$$qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{得: } v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$$

在偏转电场中做类平抛运动,

$$\text{竖直方向: } y = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{水平方向: } L = v_0 t$$

$$\text{又: } a = \frac{qU}{md}$$

$$\text{联立得: } y = \frac{UL^2}{4U_0 d}$$

$$\text{偏转角度 } \tan \theta = \frac{at}{v_0} = \frac{UL}{2U_0 d}$$

可见出偏转电场时,两个离子的偏转位移和偏转角度一样大,与离子的质量、电量无关,即两种离子经加速电场先后从同一点垂直进入偏电场,则它们将沿相同的运动轨迹做相同的运动,故 ABC 错误, D 正确。

12. BC

【解析】A. 如果只在 U_2 上加上甲图所示的电压,电子只在竖直方向偏转,且偏转距离不一,故在荧光屏上看到的图形为一竖直图线,如图(a)所示,故 A 错误。

B. 如果只在 U_3 上加上乙图所示的电压,电子只在水平方向偏转,且偏转距离不一,故则在荧光屏上看到的图形为一水平线段,如图(b)所示,故 B 正确。

C、D. 如果同时在 U_2 和 U_3 上加上甲、乙所示的电压,在水平方向为扫描,则在荧光屏显示与甲同波形,如图(d)所示,故 C 正确, D 错误。

13. B

【解析】带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力可知: $Bqv = m \frac{v^2}{R}$ 得 $R = \frac{mv}{qB}$ (1)

$$\text{而粒子在电场中被加速,则有: } \frac{1}{2}mv^2 = qU \text{ (2)}$$

将(1)(2)两式联立可得: $R = \frac{\sqrt{2U}}{B} \cdot \sqrt{\frac{m}{q}}$,带电粒子运行的周期 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ 。

根据这两个表达式可知:

①、②当加速电压一定时, R 也一定时,粒子的比荷 $\frac{q}{m}$ 越大,磁感应强度则越小,故①错误;②正确。

③、④对于给定的带电粒子,加速电压 U 越大, R 一定, B 越大,由 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ 知周期越小,故③正确,④错误。

故 B 正确。

14. AD

【解析】电子在电场中做类平抛运动,

$$\text{水平方向: } L = v_0 t,$$

$$\text{竖直方向: } Y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{eU}{md} t^2,$$

$$\text{解得: } Y = \frac{eUL^2}{2mdv_0^2}, \text{故 AD 正确, BC 错误。}$$

15. C

【解析】电子在匀强电场中做类平抛运动,设通过 A 点时速度的偏向角为 θ ,则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$ 。设 A 点速度 v_A 的方向延长

线与速度 v_0 的延长线交点坐标为 x ,则 $x_A - x = \frac{y_0}{\tan \theta} = \frac{y_0}{\frac{v_y}{v_0}} =$

$$\frac{\frac{1}{2}v_y t}{\frac{v_y}{v_0}} = \frac{1}{2}v_0 t = \frac{1}{2}x_A, \text{则 } x = \frac{1}{2}x_A, \text{则交点坐标为 } (\frac{1}{2}x_A,$$

$y_0)$

16. A

【解析】A. 根据题意可知,粒子 P 进入电场后的时间与粒子 Q 进入电场运动的时间相同,因此由运动学公式,则有粒子 Q: $\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2$,粒子 P: $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$,所以解得: $v_0^2 =$

$\frac{d}{4}a$, 即进入电场时速度的平方满足 $v^2 = \frac{d}{4}a$, 故 A 正确。

B. 将 P 、 Q 粒子电量均增为 $+2q$, 其他条件不变, 则两粒子的加速度均增加 2 倍, 但由于粒子 P 进入电场的速度没有增加 2 倍, 结合 A 选项分析, 因此不能同时打在 K' 点, 故 B 错误。

C. 保持 P 、 Q 原来的电量不变, 将 O 点和 O' 点均向上移动相同的距离 $\frac{d}{4}$; 若使 P 、 Q 同时进入电场, 由上分析可知, 仍能同时到达, 故 C 错误。

D. 当将 Q 粒子进入电场时的初速度变为原来的 2 倍, 将电源电压也增加为原来的 2 倍, 其他条件不变, P 、 Q 同时进入电场, 导致运动的时间变短, 则 Q 粒子不可能打在原来位置, 故 D 错误。

17. AD

【解析】A. 小球进入半圆轨道, 电场力和重力平衡, 小球做匀速圆周运动, 根据动能定理知, $mgH = \frac{1}{2}mv_A^2 - 0$, 解得:

$$v_A = \sqrt{2gR}.$$

根据牛顿第二定律得: $N = m \frac{v_A^2}{R}$, 则小球到达 C 点时对轨道的压力为 $2mg$, 故 A 正确。

B. 小球在 AC 部分做匀速圆周运动, 加速度大小不变, 方向始终指向圆心, 故 B 错误。

C. 若电场力小于重力, 根据动能定理知, 小球到达 C 点的速度不可能为零。若小球所受的电场力大于重力, 根据径向的合力提供向心力, 在最低点的速度不可能为零, 故 C 错误。

D. 若 $E = \frac{2mg}{q}$, 在最低点轨道的作用力为零, 根据牛顿第二定律得, $qE - mg = m \frac{v_C^2}{R}$, 解得: $v_C = \sqrt{gR}$,

根据动能定理得: $mg(H + R) - qER = \frac{1}{2}mv_C^2 - 0$, 解得: $H = \frac{3}{2}R$ 。所以 H 至少为 $\frac{3}{2}R$, 故 D 正确。

18. (1) 小球带负电, 电场强度 E 为 1.7×10^5 N/C;

(2) 小球经过最低点时细线的拉力为 0.55 N。

【解析】(1) 小球受力如图 16 所示, 由于电场力 F 与场强方向相反, 说明小球带负电。

小球的电场力 $F = qE$

由平衡条件得: $F = mg \tan \theta$

解得电场强度为: $E = 1.7 \times 10^5$ N/C

(2) 电场方向变为竖直向上且大小不变后, 由动能定理可知

$$(mg + qE)h = \frac{1}{2}mv^2$$

有几何关系可知 $h = l - l \cos 60^\circ$

$$\text{由牛顿第二定律的 } F - (mg + qE) = \frac{mv^2}{l}$$

联立解得 $F = 0.55$ N。

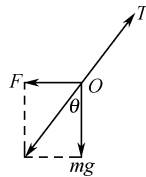


图 16

19. (1) 在 $t = 0$ 时刻出发的微粒, 会在 $t = \sqrt{6} \times 10^{-3}$ s 时刻到达 A 板;

(2) 在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 范围内, 在 $\frac{T}{2} \sim \Delta t$ 到 $\frac{T}{2}$ 时间内产生的微粒能到达 B 板;

(3) 到达 B 板的微粒中速度最大为 $400 \sqrt{6}$ m/s。

【解析】(1) 根据图乙可知, 从 $t = 0$ 时刻开始, A 板电势高于 B 板电势, 粒子向 A 板运动, 设粒子到达 A 板的时间为

$$t, \text{ 并假设在半个周期内到达 A 板, 则有: } l = \frac{1}{2} \frac{qU_0}{2l \cdot m} t^2$$

$$\text{解得: } t = \sqrt{6} \times 10^{-3} \text{ s} < \frac{T}{2}$$

故在 t 时刻到达 A 板。

(2) 在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 时间内, 粒子的加速度为 a_1 , 则 $a_1 = \frac{qU_0}{2ml} = 2 \times 10^5 \text{ m/s}^2$

在 $\frac{T}{2} \sim T$, 粒子的加速度为 a_2 , 则 $a_2 = \frac{q \cdot 2U_0}{m \cdot 2l} = 4 \times 10^5 \text{ m/s}^2$

若粒子在 $0 \sim \frac{T}{2}$ 内加速 Δt , 再在 $\frac{T}{2} \sim T$ 内减速 $\frac{\Delta t}{2}$ 刚好到达 A 板, 则有: $l = \frac{1}{2} a_1 \cdot \Delta t \cdot \frac{3}{2} \Delta t$

$$\text{解得: } \Delta t = 2 \times 10^{-3} \text{ s}$$

所以在 $\frac{T}{2} \sim \Delta t$ 到 $\frac{T}{2}$ 范围内到达 B 板,

$$\text{即: } 4 \times 10^{-3} \text{ s} \sim 6 \times 10^{-3} \text{ s}.$$

(3) 恰好未撞上 A 板的粒子, 反向加速距离最大, 所获得的速度最大, 为: $v_m^2 = 2a_2 \cdot 2l$

$$\text{解得: } v_m = 400 \sqrt{6} \text{ m/s}$$

20. 滑块最终离开电场时的位置坐标为 $(2L, \frac{L}{6})$

【解析】对滑块在 ABED 区域内受力分析, 设其加速度为 a_1 , 根据牛顿第二定律可得: $qE - \mu mg = ma_1$

$$qE = 2mg$$

设滑块运动到 E 点的速度为 v_E , $2a_1 L = v_E^2$

$$\text{联立, 解得 } v_E = \sqrt{3gL}$$

对滑块在 BCFE 区域内受力分析, 设其加速度为 a_2 , 在电场中运动的时间为 t , 根据牛顿第二定律得:

$$Eq - mg = ma_2$$

滑块在水平方向上做匀速运动, 有 $L = v_E t$

在竖直方向上做匀加速运动, 运动的竖直位移为

$$y = \frac{1}{2} a_2 t^2 = \frac{L}{6}$$

因此滑块最终离开电场时的位置坐标为 $(2L, \frac{L}{6})$

21. (1) 金属板的长度 L 是 0.2m ;

(2) 电子穿出电场时的动能 E_k 是 $1.6 \times 10^{-15}\text{J}$ 。

【解析】(1) 设金属板长为 L , 电子在两水平板间运动时间为 t , 进入两水平板间的速度为 v , 加速度为 a , 则:

$$\text{在加速电场中, 根据动能定理: } eU_0 = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{①}$$

$$\text{在偏转电场中, 电子做类平抛运动, 有: } a = \frac{Ue}{dm} \quad \text{②}$$

$$\text{平行极板方向: } L = vt \quad \text{③}$$

$$\text{垂直极板方向: } \frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2 \quad \text{④}$$

$$\text{联解①②③④得: } L = 0.2\text{m} \quad \text{⑤}$$

$$(2) \text{ 设电子飞出电场时动能为 } E_k, \text{ 对整个过程由动能定理有: } eU_0 + e\left(\frac{U}{2}\right) = E_k - 0 \quad \text{⑥}$$

$$\text{代入数据得: } E_k = 1.6 \times 10^{-15}\text{J} \quad \text{⑦}$$

22. 答: (1) 小物块在运动过程中最大加速度为 12m/s^2 , 平行斜面向上; 此时速度平行斜面向下;

(2) 小物块第一次返回的最高点为 D , AD 的距离 l_3 为 1.25m ;

(3) 小物块在 BC 间运动的总路程为 $\frac{25}{24}\text{m}$ 。

【解析】(1) 从 A 到 B 的过程, 根据牛顿第二定律, 有:

$$mg\sin 37^\circ = ma_1$$

$$\text{解得: } a_1 = g\sin 37^\circ = 10 \times 0.6 = 6\text{m/s}^2$$

$$\text{到达 } B \text{ 点速度: } v_1 = \sqrt{2a_1 l_1} = \sqrt{2 \times 6 \times \frac{25}{12}} = 5\text{m/s}$$

从 B 到 C 的过程, 根据牛顿第二定律, 有:

$$mg\sin 37^\circ - qE - \mu mg\cos 37^\circ = ma_2$$

$$\text{解得: } a_2 = -12\text{m/s}^2$$

根据速度位移公式, 有:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a_2 l_2$$

$$\text{解得: } v_2 = \sqrt{15}\text{m/s}$$

从 C 点向下运动的过程, 根据牛顿第二定律, 有:

$$mg\sin 37^\circ - qE = ma_3$$

$$\text{解得: } a_3 = -6\text{m/s}^2$$

从 C 到 B 的过程, 根据牛顿第二定律, 有:

$$mg\sin 37^\circ - qE + \mu mg\cos 37^\circ = ma_4$$

$$\text{解得: } a_4 = 0$$

即从 C 到 B 是匀速运动。

故最大加速度为 12m/s^2 , 平行斜面向上; 此时速度平行斜面向下。

(2) 设小物块第一次返回的最高点为 D , 从 A 到 D 全程, 根据动能定理, 有:

$$mg\sin 37^\circ (l_1 - l_3) - 2\mu mg\cos 37^\circ l_2 = 0 - 0$$

$$\text{解得: } l_3 = l_1 - 2l_2 = \frac{25}{12}\text{m} - 2 \times \frac{5}{12}\text{m} = 1.25\text{m}$$

(3) 滑块最终会向下减速后静止在 BC 间某个位置, 设静

止位置与 B 点间距为 x 。对全程, 根据动能定理, 有: $mg(l_1 + x)\sin 37^\circ - qEx - \mu mg\cos 37^\circ (x + 2l_2) = 0$

$$\text{其中: } 0 \leq x \leq l_2$$

$$\text{故 } 12.5 - 12x - 5n = 0;$$

$$\text{当 } n = 2 \text{ 时, } x = \frac{2.5}{12} = \frac{5}{24}\text{m}$$

$$\text{故小物块在 } BC \text{ 间运动的总路程: } s = 2l_2 + x = 2 \times \frac{5}{12} + \frac{5}{24} = \frac{25}{24}\text{m}$$

23. 答: (1) 滑块从平台边缘的 B 点水平飞出时的速度大小为 5m/s ;

(2) 滑块与弹簧分离时的速度大小为 6m/s 。

【解析】(1) 滑块从 B 运动到 C , 做类平抛运动, 电场力: $F = qE = 1.0 \times 10^{-3} \times 5.0 \times 10^3 \text{N} = 5\text{N}$

$$\text{物体在竖直方向的加速度: } a = \frac{mg - F}{m} = g - \frac{F}{m} = 10 - \frac{5}{1} = 5\text{m/s}^2$$

$$\text{落地的时间为: } t_2 = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6}{5}} = 0.8\text{s},$$

$$\text{则平抛运动的初速度为: } v_B = \frac{s_2}{t_2} = \frac{4.0}{0.8}\text{m/s} = 5.0\text{m/s}。$$

$$(2) \text{ 滑块从 } A \text{ 到 } B \text{ 做匀减速运动, 加速度为: } a' = \frac{f}{m} = \frac{-\mu mg}{m} = -\mu g = -0.25 \times 10\text{m/s}^2 = -2.5\text{m/s}^2,$$

$$\text{根 } v_B^2 - v_A^2 = 2a's_1$$

$$\text{代入数据解得: } v_A = 6\text{m/s}$$

24. (1) DM 间的距离为 $4R$;

(2) 小环运动到 A 点受到轨道的支持力为 $\frac{7}{2}mg$;

(3) Q 点距 M 点最近距离为 $5R$ 。

【解析】(1) 小环刚好到达 P 点时, 速度为零。设 DM 距离为 x , 对小环从 D 点到 P 点过程, 由动能定理得

$$qEx - 2mgR = 0 - 0$$

$$\text{又由题意, } qE = \frac{1}{2}mg$$

$$\text{联立解得, } x = 4R$$

$$(2) \text{ 从 } P \text{ 到 } A \text{ 点, 由动能定理得: } qER + mgR = \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$\text{在 } A \text{ 点, 由牛顿第二定律得: } N - qE = \frac{mv_A^2}{R}$$

$$\text{得: } N = \frac{7}{2}mg$$

(3) 小环从 P 处射出后, 在水平方向为匀减速运动。设水平位移为 x , $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = v_0 t + (-\frac{1}{2}g)t^2$ 。刚好落到

$$M \text{ 点时, } x = 0 = v_0 t + (-\frac{1}{2}g)t^2。 \text{ 竖直方向为自由落体, } 2R = \frac{1}{2}gt^2$$

解得: $v_0 = \sqrt{gR}$

设 Q 点到 M 点的距离为 L , 则由动能定理: $EqL - mg2R = \frac{1}{2}mv_0^2$ 可得: $L = 5R$

25. (1) 电子经过偏转电场后的偏移 Y 为 0.023m ;

(2) 如果偏转电极的右边缘到荧光屏的距离为 $s = 10\text{cm}$, 则电子打到荧光屏上产生的光点偏离中心 O 点的距离为 0.0277m

【解析】(1) 电子在偏转电场中做类平抛运动, 电子在极板中的运动时间为:

$$t = \frac{L}{v_0}$$

电子在极板中加速度为: $a = \frac{eU}{md}$

电子经过电极后的偏转距离为: $Y = \frac{1}{2}at^2$,

代入解得: $Y = \frac{eUL^2}{2mdv_0^2} =$

$$\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 144 \times 0.015^2}{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 0.012 \times (2.6 \times 10^7)^2} = 0.023\text{m};$$

(2) 电子出极板时的偏角为 θ , 则: $\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{at}{v_0} = \frac{eUL}{mdv_0^2}$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 144 \times 0.015}{9.1 \times 10^{-31} \times 0.012 \times (2.6 \times 10^7)^2} = 0.047$$

由数学知识得: $y = Y + s \tan\theta$

代入数据解得: $y = 0.023 + 0.1 \times 0.047 = 0.0277\text{m}$;

26. (1) 小物块 B 射出时的初速度 v_0 的大小为 $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{qEd}{m}}$;

(2) 碰撞后复合体 C 向左运动且能到达左板处, M 与 m 之间应满足的关系为: $M \geq 8m$ 。

【解析】(1) A 做初速度为零的匀加速直线运动,

$$\text{位移: } \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2,$$

$$\text{解得: } t = \sqrt{\frac{md}{qE}},$$

$$\text{物体 } B \text{ 的速度: } v_0 = \frac{d}{t} = \frac{d}{\sqrt{\frac{md}{qE}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{qEd}{m}};$$

(2) A 、 B 碰撞前瞬间, A 的速度:

$$v_A = at = \frac{qE}{m} \times \sqrt{\frac{md}{qE}} = \sqrt{\frac{qEd}{m}},$$

A 、 B 碰撞过程系统动量守恒, 以向左为正方向, 由动量守恒定律得:

$$Mv_0 - mv_A = (M + m)v,$$

A 、 B 恰好到达左板处时速度恰好为零, 由动能定理得:

$$-qE \cdot \frac{d}{2} = 0 - \frac{1}{2}(M + m)v^2,$$

解得: $M = 8m$,

碰撞后复合体 C 向左运动且能到达左板处, 且 $M \geq 8m$ 。

27. (1) 电子进入偏转板的速度 v_0 的大小是 1.76×10^7

m/s ;

(2) 电子打在荧光屏上的范围是 $-1.25\text{cm} \leq y \leq 5\text{cm}$ 。

【解析】(1) 对于电子通过加速电场的过程, 根据动能定

理有 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}} = \sqrt{2 \times 1.76 \times 10^{11} \times 880\text{m/s}} = 1.76 \times$$

10^7m/s

(2) 偏转电场的场强: $E = \frac{U}{d}$

电子在偏转电场中的加速度: $a = \frac{eE}{m}$

电子穿过偏转电场的时间: $t = \frac{l}{v_0}$

电子在偏转电场中的偏转量: $y_1 = \frac{1}{2}at^2$

联立以上各式, 解得: $y_1 = \frac{Ul^2}{4U_0d}$

偏转速度: $v_y = at$

电子飞出偏转电场后做匀速直线运动, 运动的时间:

$$t' = \frac{L}{v_0}$$

竖直方向的位移: $y_2 = v_y t' = \frac{Uil}{2dU_0}$

电子的总位移: $y = y_1 + y_2 = \frac{Ul}{4U_0d} \cdot (2L + l)$

将两个偏转电压的数据代入, 则 $U = -55\text{V}$ 时, 得:

$$y = -1.25\text{cm}$$

则 $U = 220\text{V}$ 时, 得: $y = 5\text{cm}$

28. (1) 场强大小 $\frac{\sqrt{2}mg}{q}$;

(2) 小球在电场 E_2 中运动的时间 $\sqrt{\frac{2l}{g}}$;

(3) A 点的位置坐标 $(2(\sqrt{2}-1)l, (3-\sqrt{2})l)$;

(4) 到达 D 点时小球的动能 $2\sqrt{2}mgl$ 。

【解析】(1) 设小球所受的重力为 G , 小球在第二象限内做直线运动, 已知小球合力水平向右, 竖直方向上合力为零。

由: $G = qE \sin 45^\circ$ 。

$$\text{解得: } E = \frac{\sqrt{2}mg}{q};$$

(2) 小球在第二象限做匀加速直线运动, 其加速度的大

$$\text{小 } a = \frac{F}{m} = \frac{mg}{m} = g;$$

根据运动学公式, 则有: 小球在电场 E_2 中运动的时间

$$t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

(3) 设进入第一象限的初速度为 v_0

根据运动学公式, $v_0^2 = 2gl$, 则有: $v_0 = \sqrt{2gl}$

小球在第一象限内做类平抛运动,

竖直方向上有: $y = \frac{1}{2}at'^2$,

$$a = \frac{qE + mg}{m} = (\sqrt{2} + 1)g;$$

因从 E_2 边界上 A 点垂直穿过, 则有: $v_y = v_0 = at'$
水平方向上有: $x = v_0 t'$

$$\text{联立各式解得 } t' = \frac{\sqrt{2gl}}{(\sqrt{2} + 1)g}$$

$$\text{因此, } x = \frac{2l}{\sqrt{2} + 1} = 2(\sqrt{2} - 1)l;$$

$$y = \frac{2l}{\sqrt{2} + 1} = (\sqrt{2} - 1)l;$$

那么 A 点的位置坐标 $(2(\sqrt{2} - 1)l, (3 - \sqrt{2})l)$ 。

$$(4) \text{ 对从 } P \text{ 到 } D \text{ 全过程运用动能定理, } qEl\cos 45^\circ + (qE + mg)\frac{l}{\sqrt{2} + 1} + mg\frac{2l}{\sqrt{2} + 1} = E_{kD}$$

$$\text{解得: } E_{kD} = 2\sqrt{2}mgl。$$

$$29. (1) \text{ 粒子射出平移器时的速度大小 } v_1 \text{ 为 } \sqrt{\frac{2qU_0}{m}};$$

(2) 当加速电压变为 $4U_0$ 时, 欲使粒子仍从 A 点射入待测区域, 此时的偏转电压 U 为 $4U_1$;

(3) 该区域中电场强度和磁感应强度的大小及可能的方向为:

(a) 沿 x 轴方向射入时的受力情况可知: B 平行于 x 轴, 且 $E = \frac{F}{q}$;

(b) 沿 $\pm y$ 轴方向射入时的受力情况可知: E 与 Oxy 平面平行, $B = \frac{F}{q} \sqrt{\frac{2m}{qU_0}}$;

(c) E 与 Oxy 平面平行且与 x 轴方向的夹角为 30° 或 150° ; 若 B 沿 $-x$ 轴方向, E 与 Oxy 平面平行且与 x 轴方向的夹角为 -30° 或 -150° 。

【解析】(1) 设粒子射出加速器的速度为 v_0 , 根据动能定理得: $qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{由题意得 } v_1 = v_0, \text{ 即 } v_1 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$$

(2) 在第一个偏转电场中, 设粒子的运动时间为 t

$$\text{加速度的大小 } a = \frac{qU_1}{md}$$

在离开时, 竖直方向分速度 $v_y = at$

$$\text{竖直位移 } y_1 = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{水平位移 } l = v_1 t$$

粒子在两偏转电场间做匀速直线运动, 经历时间也为 t ,

$$\text{竖直位移 } y_2 = v_y t$$

由题意知, 粒子竖直总位移 $y = 2y_1 + y_2$

$$\text{联立解得 } y = \frac{U_1 l^2}{U_0 d}$$

欲使粒子仍从 A 点射入待测区域, y 不变, 则当加速电压为 $4U_0$ 时, $U = 4U_1$ 。

(3) (a) 沿 x 轴方向射入时的受力情况可知: B 平行于

x 轴, 且 $E = \frac{F}{q}$;

(b) 沿 $\pm y$ 轴方向射入时的受力情况可知: E 与 Oxy 平面平行, 则

$$F^2 + f^2 = (\sqrt{5}F)^2, \text{ 则 } f = 2F$$

$$\text{且 } f = qv_1 B$$

$$\text{解得 } B = \frac{F}{q} \sqrt{\frac{2m}{qU_0}}$$

(c) 设电场方向与 x 轴方向夹角为 α ,

若 B 沿 x 轴方向, 由沿 z 轴方向射入时的受力情况得

$$(f + F\sin\alpha)^2 + (F\cos\alpha)^2 = (\sqrt{7}F)^2$$

$$\text{解得, } \alpha = 30^\circ \text{ 或 } \alpha = 150^\circ$$

即 E 与 Oxy 平面平行且与 x 轴方向的夹角为 30° 或 150° 。

同理, 若 B 沿 $-x$ 轴方向,

E 与 Oxy 平面平行且与 x 轴方向的夹角为 -30° 或 -150° 。

$$30. (1) A \text{ 在电场中的运动时间 } t \text{ 是 } \sqrt{\frac{2dm}{QE_0}};$$

(2) 若 B 的电荷量 $q = \frac{4}{9}Q$, 两质点相互作用能的最大值

$$E_{pm} \text{ 是 } \frac{1}{45}QE_0 d;$$

(3) 为使 B 离开电场后不改变运动方向, B 所带电荷量的最大值 q_m 是 $\frac{16}{9}Q$ 。

【解析】(1) 由牛顿第二定律, A 在电场中运动的加速 $a = \frac{f}{m} = \frac{QE_0}{m}$

$$A \text{ 在电场中做匀变速直线运动 } d = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{解得运动时间 } t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2dm}{QE_0}}$$

(2) 设 A 、 B 离开电场的速度分别为 v_{A0} 、 v_{B0} , 由动能定理, 有

$$QE_0 d = \frac{1}{2}mv_{A0}^2, qE_0 d = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{4} \cdot v_{B0}^2 \quad ①$$

A 、 B 相互作用的过程中, 动量和能量均守恒, A 、 B 间相互作用力为斥力, A 受力方向与其运动方向相同, B 受力方向与其运动方向相反, 相互作用力对 A 做正功, 对 B 做负功。在 AB 靠近的过程中, B 的路程大于 A 的路程, 由于作用力大小相等, 作用力对 B 做功的绝对值大于对 A 做功的绝对值, 因此相互作用力做功之和为负, 相互作用能增加, 所以当 A 、 B 最接近时, 相互作用能最大, 因此两者速度相同, 设为 v' , 有

$$\left(m + \frac{m}{4}\right)v' = mv_{A0} + \frac{m}{4}v_{B0} \quad ②$$

$$E_{pm} = \left(\frac{1}{2}mv_{A0}^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{4} \cdot v_{B0}^2\right) - \frac{1}{2}\left(m + \frac{m}{4}\right)v'^2 \quad ③$$

又已知 $q = \frac{4}{9}Q$, 由①②③解得相互作用能的最大值为

$$E_{pm} = \frac{1}{45}QE_0 d$$

(3) 考虑 A 、 B 在 $x > d$ 的区间运动, 由动量守恒、能量守恒, 且在初态和末态均无相互作用, 有

$$mv_A + \frac{m}{4}v_B = mv_{A0} + \frac{m}{4}v_{B0} \quad ④$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{4} \cdot v_B^2 = \frac{1}{2}mv_{A0}^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{4} \cdot v_{B0}^2 \quad ⑤$$

$$\text{由④⑤解得 } v_B = -\frac{3}{5}v_{B0} + \frac{8}{5}v_{A0}$$

因 B 不改变运动方向, 故 $v_B \geq 0$ ⑥

$$\text{由①⑥解得 } q \leq \frac{16}{9}Q$$

即 B 所带电荷量的最大值为 $q_m = \frac{16}{9}Q$

31. 见解析

【解析】(1) 由平抛运动的规律,

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$x = vt$$

$$\tan\theta = \frac{s}{x} \text{ 得 } 2\sqrt{3}v_0 = 3gt$$

$$\text{所以 } h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{2v_0^2}{3g}$$

由动能定理得

$$mgh = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$E_k = \frac{7}{6}mv_0^2 \text{ 所以 } E_k : E_{k0} = 7:3$$

(2) 令 $OA = 2L, OB = 3L$

由动能定理得

$$U_{OA}q + mg \cdot 2L \sin 30^\circ = E_{k1} - E_{k0}$$

$$U_{OB}q + mg \cdot 3L = E_{k2} - E_{k0}$$

$$\text{由上式 } mg \cdot 2L \sin 30^\circ = \frac{2}{3}mv_0^2$$

$$\text{解得 } U_{OA}q = \frac{1}{3}mv_0^2$$

$$U_{OB}q = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{所以 } U_{OA} = \frac{2}{3}U_{OB}$$

场强方向在 $\angle AOB$ 的角平分线上, 从 O 点斜向下与竖直方向成 30° 角。

$$\text{由上式 } Eq \cdot 2L \sin 60^\circ = \frac{1}{3}mv_0^2$$

$$mg \cdot 2L \sin 30^\circ = \frac{2}{3}mv_0^2$$

$$\text{所以 } E = \frac{\sqrt{3}}{6q}mg$$

32. (1) 在盒内做类平抛运动, 离盒后做匀速直线运动。

(2) 打在屏上的坐标为 $\left(\frac{L_1(L_1 + 2L_2)U_0}{8L_0U_1}, 0\right)$ 。

(3) 痕迹如图 17 所示。

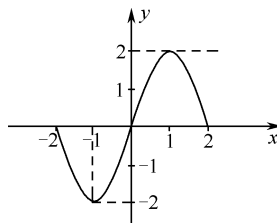


图 17

【解析】(1) 在盒内做类平抛运动, 离盒后做匀速直线运动。

(2) 设离盒时 x 方向的侧移为 x_1 , 在盒内运动的时间为 t_1 , 离盒后到屏的运动时间为 t_2 , 最终打在屏上的坐标为 x_0 。

$$eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 \quad a = \frac{eE}{m}$$

$$E = \frac{U_0}{L_0}$$

$$t_1 = \frac{L_1}{v_0}t_2 = \frac{L_2}{v_0}$$

$$x = x_1 + \Delta x, \text{ 又 } \Delta x = a_1t_1t_2,$$

$$\text{联立各式解得: } x = \frac{L_1(L_1 + 2L_2)U_0}{8L_0U_1}.$$

$$\text{所以打在屏上的坐标为 } \left(\frac{L_1(L_1 + 2L_2)U_0}{8L_0U_1}, 0\right)$$

(3) 痕迹如图 17 所示。

33. 电场强度的大小: $E = \frac{1}{6q}(N_b - N_a)$, 质点经过 a 点:

$$E_a = \frac{r}{12}(N_b + 5N_a) \text{ 和 } b \text{ 点时的动能: } E_b = \frac{r}{12}(5N_b + N_a).$$

【解析】质点所受到电场力的大小为: $f = qE$,

设质点质量为 m , 经过 a 点和 b 点时速度大小分别为 v_a 、

$$v_b, \text{ 由牛顿第二定律有 } f + N_a = m \frac{v_a^2}{r}$$

$$N_b - f = m \frac{v_b^2}{r}$$

设质点经过 a 点和 b 点时动能分别为 E_{ka} 和 E_{kb} ,

$$\text{则有 } E_{ka} = \frac{1}{2}mv_a^2, E_{kb} = \frac{1}{2}mv_b^2$$

根据动能定理有 $E_{kb} - E_{ka} = 2rf$

$$\text{联立解得: } E = \frac{1}{6q}(N_b - N_a)$$

$$E_a = \frac{r}{12}(N_b + 5N_a)$$

$$E_b = \frac{r}{12}(5N_b + N_a)$$

第二章 恒定电流

第一节 导体中的导体和电流

1. ABD

【解析】从能量转化的角度:电源是将其他形式的能转化为电能的装置,所以 A 正确。

电源就是维持正负极之间存在一定电势差的装置,从电荷移动的角度看:在闭合电路中,把电子从电源的正极搬运到电源的负极,所以 BD 正确。

2. D

【解析】在导体中,电荷无规则的运动不能形成电流,只有定向移动时才会形成电流,故 A 错误。导体接在电路不一定有电流,电压是使电荷发生定向移动的原因,故导体两端要存在电压,故 B 错误,D 正确。导体置于电场中,不一定能形成电流,导体两端必须存在电压才能形成电流,故 C 错误,故选 D。

3. D

【解析】由 $I = \frac{Q}{t}$ 可知,电流的大小为单位时间内通过导体横截面的电量;决定于 1 秒内通过导体横截面电量的多少;与导体的性质,电量的多少及通电时间均无关,故选 D。

4. D

【解析】A. 摩擦起电的实质,并不是创造了电,只是通过摩擦,使电子由一个物体转移到另一个物体,得到电子的物体带负电,失去电子的物体带正电,不合题意。B. 光有运动的电荷不一定能形成电流,电路中还必须要有电压,不合题意。C. 电路两端有电压不一定有电流,电路还必须是闭合的,不合题意。D. 电压是使电路中形成电流的原因,电路中有电流,两端就一定有电压,符合题意,故选 D。

5. A

【解析】电流为 1.6A,时间为 0.5s;故电量 $q = It = 1.6 \times 0.5 = 0.8\text{C}$;故选 A。

6. C

【解析】电流的方向规定为正电荷定向移动的方向。C 正确。

7. B

【解析】A. 由 $Q = It$ 可知,通过电流越大,但时间不一定长,故电量不一定多;故 A 错误。B. 由 $I = \frac{Q}{t}$ 可知,通过导体横截面的电荷量相同时,所用时间越短,则导体中的电流越大,故 B 正确,D 错误。C. 电流等于电量与所用时间的比值,与通电时间无关,故 C 错误,故选 B。

8. BD

【解析】A. 导体置于电场中,达到静电平衡后没有电流,故 A 错误。

B. 导体两端存在持续的电压,导体中才有持续的电流。电源能提供持续的电压,可以使电路中有持续电流,故 B 正确。

C. 导体中没有电流时,电荷在做无规则的热运动,没有定向移动,故 C 错误。

D. 在恒定电场的作用下,自由电荷定向运动的平均速率不随时间变化,电流恒定。故 D 正确,故选 BD。

9. C

【解析】A. 只有导体中电荷的定向运动才能形成电流,

故 A 错误。B. 只有纯电阻电路中,电流才与其两端的电压成正比,故 B 错误。C. 单位时间内通过导体横截面的电量越多,导体中的电流就越大,故 C 正确。D. 电流是标量,其方向表示正电荷的定向移动方向;其运算不适用平行四边形定则。故 D 错误,故选 C。

10. CD

【解析】导体通有恒定电流,导体内部就建立了恒定电场,场强不为零,故 A 错误。顺着电流方向,电势逐渐降低,导体两端存在恒定的电势差,即导体两端有恒定的电压存在,故 B 错误,C 正确。根据电流的定义式 $I = \frac{Q}{t}$,电流 I 恒定不变,则在任意相等的时间内通过导体某个截面的电量都相等,故 D 正确,故选 CD。

11. B

【解析】当电流一定时,电量才与时间成正比,故 A 错。根据欧姆定律可知,导体中的电流跟导体两端的电压成正比,故 B 正确。电子运动的速率越大,根据电流的微观表达式 $I = nevS$,决定电流的因素除速度外,还有单位体积内自由电子数 n ,截面积 S ,故 C 错。电流有方向,但电流的计算并不适合平行四边形定则,故不是矢量,D 错误。

12. A

【解析】每个电子的电荷量大小为 $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$, 6×10^{13} 个电子总电荷量为 $q = 6 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{C} = 9.6 \times 10^{-6}\text{C}$,则示波管中电流大小为 $I = \frac{q}{t} = 4.8 \times 10^{-6}\text{A}$,故选 A。

13. D

【解析】电流由正、负离子的定向移动形成,则在 2s 内通过横截面的总电荷量应为 $Q = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{19}\text{C} + 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 2 \times 10^{19}\text{C} = 6.4\text{C}$ 。

由电流的定义式可知: $I = \frac{Q}{t} = \frac{6.4}{2}\text{A} = 3.2\text{A}$,故选 D。

14. 略

【解析】假设:一横截面为 S 的铜导线,设导线单位长度有 n 个自由电子,电子电量为 e ,电子定向移动的速率为 v 。

由某一截面开始,向后取一段长为 vt 的导线长度,则 t 内所有电荷均通过截面,则通过的电量 $Q = nvtSe$;

由电流定义可知:

$$I = \frac{Q}{t} = nevS。$$

15. AC

【解析】根据电流的微观表达式 $I = nevS$,在 Δt 时间内通过导体横截面的自由电子的电量 $q = I\Delta t$,

则在 Δt 时间内,通过导体横截面的自由电子的数目为 $N = \frac{q}{e} = \frac{I\Delta t}{e}$,

将 $I = nevS$ 代入得 $N = \frac{nevS\Delta t}{e} = nvS\Delta t$,故选 AC。

16. C

【解析】电子做圆周运动的周期为 $T = \frac{2\pi r}{v}$,环形电流的电流

流强度 $I = \frac{e}{T}$, 联立解得: $I = \frac{ve}{2\pi r}$, 电流方向与电子运动方向相反, 故电流方向为逆时针, 故选 C。

$$17. \frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{1}$$

【解析】由于每秒通过某截面的电荷所带的电荷量即为电流, 则由 $I = ne$, 得 $n = \frac{I}{e}$, 代入数据得 $n = 6.25 \times 10^{15}$ 个。因为质子是静止开始做匀加速运动, 由 $v^2 = 2ax$, 可求出粒子加速运动 l 和 $4l$ 的运动速度关系: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{2al}}{\sqrt{2a \cdot 4l}} = \frac{1}{2}$ 。由于在 l 和 $4l$ 处各取极短距离 Δl , 可以认为在此距离质子流仍以 v_1, v_2 速度匀速运动, 因形成的电流恒为 1mA , 则在两段 Δl 距离内质子的总电荷量分别为 $Q_1 = It_1 = en_1, Q_2 = It_2 = en_2$, 则 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{\Delta l}{v_1}}{\frac{\Delta l}{v_2}} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{1}$

$$18. v = 7.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

【解析】如图 18 所示, 设自由电子在导线内定向移动的速率是 v_0 。取一段导线, 自由电子从它的左端定向移动到右端所用的时间为 t , 则这段导线的长度为 vt , 体积为 vtS 、质量为 ρvtS 。这段导线中的原子数为 $n = \frac{\rho vtS}{M} N_A$ 。

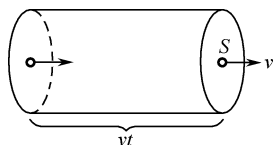


图 18

由于导线中每个铜原子贡献一个自由电子, 所以这段导线中的自由电子数目与铜原子的数目相等, 也等于 n 。因为时间 t 内这些电子全部通过右端横截面, 因此通过横截面的电荷量是 $q = ne = \frac{\rho vtS}{M} N_A e$ 。把这个式子代入 $I = \frac{q}{t}$, 得 $I = \frac{\rho v S N_A e}{M}$, 从中解出, $v = \frac{IM}{\rho S N_A e}$ 。

代入数值后得, $v = 7.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 。

$$19. \text{一小段长为 } \Delta L \text{ 的电子束内电子个数是 } \frac{I \Delta L}{e} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$$

【解析】设单位体积内电子数为 n , 则 $I = nevS$,

$$\text{由动能定理得: } eU = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{则得: } n = \frac{1}{eS} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$$

$$\Delta L \text{ 内的电子数为: } N = \Delta L S n = \frac{I \Delta L}{e} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$$

20. D

【解析】在电解池中, 定向移动的电荷有正离子和负离子, 它们同时向相反的方向运动形成电流。所以电流 $I = \frac{(n_1 + n_2)e}{t}$, 方向从 $A \rightarrow B$ 。

第二节 电动势

1. 电能 电能 电能

【解析】略

2. BC

【解析】电源外部存在着由正极指向负极的电场, 内部电场也是由正极指向负极; 靠非静电力将正电荷从负极流向正极, 所以 BC 正确。

3. A

【解析】电动势的意义是非静电力把 1C 正电荷从电源负极搬到正极所做的功是 1.5J , A 正确。BD 错误。干电池正负两极间电势差不一定是等于电动势的, C 错。

4. D

【解析】由电动势公式 $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$ 知, E 等于非静电力将单位正电荷从负极移动到正极所做功的值, $W_{\text{非}}$ 越大, 非静电力将其他形式的力转化为电能越多, E 也越大, A 错; 因从负极向正极移送的是单位“正”电荷, B 错; 电压和电动势的物理意义不同, C 错、D 对。

5. C

【解析】电动势是表示电源将其他形式的能转化为电能的本领大小的物理量, 与是否接入电路无关, 也不一定等于电源两极间的电压。

6. B

【解析】电动势是表示电源将其他形式的能转化为电能的本领大小的物理量。B 正确, A 错。电动势大小等于电源把单位正电荷从负极移动到正极克服电场力所做的功, 而单位时间内传送电荷量的多少是电流的定义即 $I = \frac{Q}{t}$, 选项 C 错。描述电流做功快慢的物理量是电功率而不是电动势, 选项 D 错。

7. A

【解析】A. 电源内部, 非静电力将正电荷从负极移到正极, 由 $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$ 可知, 电动势大小等于电源将单位正电荷从负极移到正极时非静电力所做的功, 故 A 正确。

B. 由电动势 $E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$ 可知, 电源将单位正电荷从负极移到正极时非静电力做功越多, 电动势越大, 故 B 错误。

C. 电动势 E 的单位与电势差的单位相同, 都是伏特, 但两者物理意义不同, 电动势表示电源把其他形式的能转化为电能的本领大小, 而电势差等于电压, 是导体中产生电源的原因, 不能说电势差就是电动势, 故 C 错误。

D. 电动势是由电源本身的特性决定, 与外电路的结构无关, 故 D 错误。

8. 2J, 增加, 化学, 电能

【解析】蓄电池的电动势是 2V , 根据电源的电动势定义式 $E = \frac{W}{q}$ 分析可知, 电池内非静电力每移动 1C 的电荷做功 $W = qE = 1 \times 2\text{J} = 2\text{J}$ 。蓄电池内非静电力对自由电荷做功, 将

化学能转化为自由电荷的电势能,即增加的电势能是由化学能转化的。

9. 320J

【解析】根据 $W = Uq$ 得, $8V \times 40C = 320J$

10. 6V, 3600J

【解析】根据 $E = \frac{W}{q}$, 得 $E = \frac{60}{10} = 6V$ 。10min 为 600s, 则通过的电荷量为 600C, $W = Eq = 6V \times 600C = 3600J$

11. 电源消耗的化学能分别为 4J、6J; 铅蓄电池转化本领更大

【解析】由 $E = \frac{W}{q}$ 及 $q = It$ 可得: $W = EIt$;

则铅蓄电池做功: $W_1 = 2 \times 0.1 \times 20 = 4J$;

干电池做功: $W_2 = 1.5 \times 0.2 \times 20 = 6J$;

因为电动势反映电源将化学能转化为电能的本领, 故铅蓄电池的本领更大;

12. BD

【解析】A. 由图可知, 电池的电动势为 3.7V; 充电电压为 4.2V。故 A 错误; B 正确。

C. 由图可知, 该电源的电量为 $q = 2000mA \cdot h = 2000 \times 3.6C = 7200C$; 则最大电能 $W = UIt = UQ = 3.7 \times 7200J = 2.664 \times 10^4 J$ 。故 C 错误; D 正确。



第三节 欧姆定律

1. CD

【解析】电阻是导体本身的性质, 与电压和电流无关; 故 A 错误。

电流与电压成正比, 与电阻成反比; 故 B 错误。

加在导体两端的电压越大, 则电流越大; 故 C 正确。

电阻可用欧姆定律定义, 即导体的电阻等于导体两端的电压与通过的电流的比值; 故 D 正确。

2. ABD

【解析】由欧姆定律可知通过电阻的电流跟它两端的电压成正比, 跟它的电阻成反比, A 正确; 由 $U = IR$, 对一定的导体, 导体的阻值不变, 所以通过它的电流越大, 它两端的电压也越大, B 正确; $R = U/I$ 是电阻的定义式, 电阻与电压和电流无关, C 错; 对一定的导体, 其阻值不变, 所以它两端的电压与通过它的电流的比值保持不变, D 正确。

3. C

【解析】电路中某两点间的电压为零, 两点间电阻可能为零, 如通电导线上的两个点; 电路中某两点间的电压为零, 两点间电阻不一定为零, 如被短路的电阻, 故 AB 错误; C. 电压就是电势差, 电压为零, 电势差就是零, 故 C 正确; D. 电路中某两点间的电压为零, 两点间电流不一定为零, 如被短路的部分, 故 D 错误。

4. 4, 4, 4

【解析】(1) $\because U = 20mV = 0.02V, I = 5mA = 0.005A$,

\therefore 导体的电阻: $R = \frac{U}{I} = \frac{0.02V}{0.005A} = 4\Omega$;

(2) \because 导体的电阻与两端的电压和通过的电流无关,

\therefore 导体两端电压变为 30mV, 导体的电阻值不变, 仍为 4Ω ; 则不给它加电压时, 导体的电阻值仍然不变为 4Ω 。

5. CD

【解析】欧姆定律不适用于稀薄气体及气体导电, 只适用于金属导体及电解液导电。

6. $2.5\Omega, 5\Omega, 4A, 2A$

【解析】略

7. D

【解析】电阻 $R_1 = k_1 = \tan 60^\circ$

电阻 $R_2 = k_2 = \tan 30^\circ$

则两个电阻阻值之比 $R_1 : R_2 = \tan 60^\circ : \tan 30^\circ = 3 : 1$

故选 D。

8. (1) 3:1 (2) 3:1 (3) 1:3

【解析】(1) $R_1 = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} = \frac{10 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} \Omega = 2\Omega, R_2 = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} = \frac{10 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} \Omega = \frac{2}{3} \Omega$

即 $R_1 : R_2 = 2 : \frac{2}{3} = 3 : 1$ 。

(2) 由欧姆定律, 对两个不同的导体, I 相同, $U \propto R$, 故 $U_1 : U_2 = R_1 : R_2 = 3 : 1$ 。

(3) 由欧姆定律, 对两个不同的导体, U 相同, $I \propto \frac{1}{R}$, 故 $I_1 : I_2 = R_2 : R_1 = 1 : 3$ 。

9. BD

【解析】A. 图线的斜率逐渐减小, 说明电阻逐渐增大, 故 A 错误。

B. 对应 P 点, 小灯泡的电阻 $R = \frac{U_1}{I_2}$, 故 B 正确。

C. 对应 P 点, 小灯泡的电阻 $R = \frac{U_1}{I_2} \neq \frac{U_1}{I_2 - I_1}$, 故 C 错误。

D. 因 $P = UI$, 所以图像中矩形 PQOM 所围的面积为对应 P 点小灯泡的实际功率, 故 D 正确。

10. $3\Omega, 2 \times 10^{20}$ 个, b, a, a, b

【解析】 $I = Q/t = 32/16 = 2A$

$R = U/I = 6/2 = 3\Omega$

每个电子带电: $1.6 \times 10^{-19} C$

所以电子个数为: $32/1.6 \times 10^{-19} C = 2 \times 10^{20}$ 个

电子的方向与电流方向相反, 通过电阻的电流是从高电势流向低电势。

11. AD

【解析】略

12. C

【解析】白炽灯的温度升高, 最终使电阻增大。而电压与电流图像中的斜率表示电阻大小, 所以 C 正确。

13. (1) 0.24; 1.6 (2) 灯泡电阻随温度升高而增大

【解析】(1) 电流表量程为 0.6A, 由图 1 所示电流表可知, 其分度值为 0.02A, 示数为 0.24A; 电压表量程为 3V, 由图 1 所示电压表可知, 其分度值为 0.1V, 其示数为 1.6V。

(2) 灯泡电阻随温度升高而增大, 随灯泡电压与电流的

增大,灯泡实际功率增大,灯泡温度升高,灯丝电阻变大, I 与 U 不成正比,因此灯泡的 I - U 图像不是直线,是曲线。

14. 1.8 A

【解析】设原来电压为 U ,电流为 I ,电阻为 R

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{\frac{2}{3}U}{0.6} = \frac{U}{I}, I = 0.9 \text{ A}$$

$$I' = \frac{2U}{R} = 2I = 1.8 \text{ A}$$

15. B

【解析】A. 甲图中,电流表的示数等于通过电压表与 R_x 的电流,故 A 错误。

B. 乙图中,电流表的示数等于通过 R_x 的电流,故 B 正确。

C. 根据欧姆定律,采用甲图时,测量值 $R_{\text{测}} = \frac{U}{I}$,真实值 $R_{\text{真}} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$,比较可知,测量值比真实值偏小。

采用乙图时,测量值 $R_{\text{测}} = \frac{U}{I}$,真实值 $R_{\text{真}} = \frac{U - IR_A}{I}$,比较可知,测量值比真实值偏大。故 CD 错误,故选 B。

16. C

【解析】A 点的电压为 2V;电流为 0.4mA;则电阻 $R_A = \frac{U}{I} = \frac{2}{0.4 \times 10^{-3}} \Omega = 5 \text{ k}\Omega$;

P 点的电压为 4V,电流为 0.4mA;电阻 $R_P = \frac{4}{0.4 \times 10^{-3}} \Omega = 10 \text{ k}\Omega$;

故选 C。

17. BCD

【解析】A. R_2 不变时, V_2 读数与 A 读数之比等于 R_2 ,故 A 错误。

B. R_2 不变时, V_1 读数与 A 读数之比等于 R_1 ,故 B 正确。

C. R_2 改变一定量时,设 V_2 读数为 U_2 ,A 读数为 I ,根据欧姆定律, $U_2 = E - IR_1$,由数学知识可知, $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 大小等于 R_1 ,故 C 正确。

D. 设 V_1 读数为 U_1 ,根据欧姆定律, $U_1 = IR_1$ 由数学知识可知, $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 大小等于 R_1 ,故 D 正确。



第四节 串联电路和并联电路

1. ABC

【解析】A. 一个电阻和一根无电阻的理想导线并联,设 $R_1 = 0$,由总电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$,得知, $R = 0$,故 A 正确。

B. 由 $\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$,由数学知识得 $\frac{1}{R_{\text{并}}} > \frac{1}{R_n}$,则得 $R_n > R_{\text{并}}$,即并联电路任一支路的电阻都大于电路的总电阻,故 B 正确。

C、D. 由上式知, R_n 增大, $R_{\text{并}}$ 增大,故 C 正确,D 错误。

2. 12, 1

【解析】三个电阻串联就有最大电阻为 12 Ω ,三个电阻并联有最小电阻为 1 Ω 。

3. ACD

【解析】三个电阻串联,总电阻为 $12 \times 3 = 36 \Omega$

三个并联,总电阻为 $12 \div 3 = 4 \Omega$

两个并联与一个串联,总电阻为 $12 \div 2 + 12 = 18 \Omega$

两个电阻串联与一个电阻并联,总电阻相当于 (12×2) 与 12 并联即 $(24 \times 12) / (12 + 24) = 8 \Omega$,故选 ACD。

4. A

【解析】串联总阻值是 $R_1 + R_2$, R_1 阻值为几千欧,而 R_2 阻值为千分之几欧,所以 A 正确。

5. D

【解析】 R_1 与 R_2 并联,总电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$,因 R_2 很小,所以 D 正确。

6. BC

【解析】A、D. 由图线看出图线 b 的斜率大于图线 a 的斜率,而斜率表示电阻,故电阻大的是 b ,故 AD 错误。

B. 两电阻串联后总比任何一个电阻都大,图线的斜率比图线 b 还大,所以串联后图线在区域 III,故 B 正确。

C. 两个电阻并联后,总电阻比任何一个电阻都小,图线的斜率图线 a 还小,所以并联后图线在区域 I,故 C 正确。

7. 40 Ω 或 60 Ω , 60 Ω 或 40 Ω

【解析】根据串并联电路电阻之间的关系得:

$$R_1 + R_2 = 100 \Omega$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 24 \Omega$$

$$\text{解得: } R_1 = 40 \Omega \text{ 或 } 60 \Omega, R_2 = 60 \Omega \text{ 或 } 40 \Omega$$

8. 15

【解析】“1.5V 0.3A”的电珠正常发光,故电流为 0.3A;

根据闭合电路欧姆定律,有:

$$E = U_L + IR$$

解得:

$$R = \frac{E - U_L}{I} = \frac{6\text{V} - 1.5\text{V}}{0.3\text{A}} = 15 \Omega$$

9. C

【解析】三个并联支路的电压相等,根据欧姆定律 $U = IR$ 得,电流 I 与电阻 R 成反比。电阻之比 $R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 2 : 5$,则电流之比 $I_1 : I_2 : I_3 = 10 : 5 : 2$,故选 C。

10. 40; 25

【解析】当 AB 接电源,CD 接电压表时,电压表示数为 R 两端的电压;故 $80 = \frac{100}{10 + R} \times R$,解得 $R = 40 \Omega$;

当电源接在 CD 两端时, R 与 R_2 串联,电压表所测为: $U = \frac{100}{40 + 120} \times 40 = 25 \text{ V}$ 。

11. 4:2:1

【解析】当 ab 端接入电压时,由欧姆定律可得 $U_{cd} = \frac{R_2}{2R_1 + R_2}U$,代入得:

$$20 = \frac{R_2}{2R_1 + R_2} \cdot 100;$$

解得 $R_1:R_2 = 2:1$;

$$\text{当 } cd \text{ 端接入电压时, } 50 = \frac{100}{2R_3 + R_2}R_2$$

解得 $R_2:R_3 = 2:1$;

故 $R_1:R_2:R_3 = 4:2:1$ 。

12. 0.5Ω

【解析】本题采用结点法,就是将图示电路中的结点找出来后,凡是用导线相连的结点可认为是同一结点,然后用假设电流从 A 端流入,从 B 端流出的原则来分析电流经过电路时各电阻的连接形式。

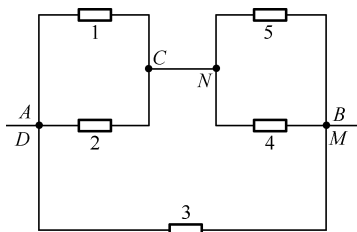


图 19

按从 A 到 B 的顺序把 5 个电阻分成 1、2、3、4、5,由于结点 A 、 D 间是用导线相连,这两点是等势点,当电流从 A 点流入时可以同时流向电阻 1、2、3,从电阻 1 和电阻 2 流出的电流汇合于 C 点,到达 N 点,结点 M 和 B 点间是导线相连,也是等势点,电流再从电阻 4 和电阻 5 经 B 流出,而流向电阻 3 的电流则直接经 MB 流出,其等效电路如图 19 所示,故 A 、 B 间总电阻为 0.5Ω。

13. C

【解析】由于电表电阻对电路的影响不计,所以电流表的电阻值可以视为 0,所以左侧的两个电阻被短路,没有电流流过,电流从 A 点经电流表后仅仅流过最右侧的电阻,所以电流 $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{2}{1} = 2A$

左侧的两个电阻被短路,没有电流流过,所以电流表所测的电压就等于 AB 两点之间的电压,即 2V,故选 C。

14. C

【解析】当滑动变阻器触头置于变阻器的最上端时, U_{CD} 最大,最大值为 $U_{\max} = \frac{2R}{3R}U = \frac{2}{3} \times 30V = 20V$;当滑动变阻器触头置于变阻器的最下端时, U_{CD} 最小,最小值为 $U_{\min} = \frac{R}{3R}U = \frac{1}{3} \times 30V = 10V$,所以 U_{CD} 的变化范围是 10~20V。

15. 4~8V; 0~8V

【解析】(1) S 断开: P 置于最上端时, $U_2 = U = 8V$

P 置于最下端时, $U_2 = IR_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 4V$

所以 U_2 的范围是 4~8V。

(2) S 闭合: P 置于最上端时, $U'_2 = U = 8V$

P 置于最下端时 $U'_2 = 0$

所以 U_2 的范围是 0~8V。

16. C

【解析】:灯泡 1 的额定电流 $I_1 = \frac{40}{110}A = \frac{4}{11}A$,灯泡 2 的

额定电流 $I_2 = \frac{100}{110}A = \frac{10}{11}A$;

A. 图示两灯泡串联,通过两灯泡的电流相等,灯 2 正常发光,则灯 1 被烧坏;灯 1 正常发光,则灯 2 不能正常发光,故 A 错误。

B. 灯 1 额定电流小,灯 1 正常发光,灯 2 不能正常发光,故 B 错误。

C. 图 C 与图 D 都能使两灯正常发光,两电路的总功率相等,但 C 少用器材,最佳电路应该是 C,故 C 正确。

17. B

【解析】并联部分电阻为 $\frac{R}{2}$,则总电阻为 $R + \frac{R}{2} = 3$ 欧,

故干路电流 $I = \frac{U}{R + \frac{R}{2}} = \frac{6}{3} = 2A$,则通过电流表的电流

为 $\frac{I}{2} = 1A$,故选项 A、C、D 错误,B 正确。

18. AC

【解析】A. 当 cd 端短路时, ab 间电路的结构是:电阻 R_2 、 R_3 并联后与 R_1 串联,等效电阻为 $R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 = \frac{12 \times 4}{16} + 1 = 4\Omega$,故 A 正确。

B. 当 ab 端短路时, cd 之间电路结构是:电阻 R_1 、 R_3 并联后与 R_2 串联,等效电阻为 $R = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_2 = \frac{1 \times 4}{5} + 12 = 12.8\Omega$,故 B 错误。

C. 当 ab 两端接通测试电源时, cd 两端的电压等于电阻 R_3 两端的电压,为 $U_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_3}E = \frac{4}{5} \times 10 = 8V$,故 C 正确。

D. 当 cd 两端接通测试电源时, ab 两端的电压等于电阻 R_3 两端的电压,为 $U_3 = \frac{R_3}{R_2 + R_3}E = \frac{4}{12 + 4} \times 10 = 2.5V$,故 D 错误。

19. ABC

【解析】滑动变阻器的滑动头向右移动的过程中,变阻器有效电阻 R_P 变大,外电路总电阻 R 变大,干路电流 I 减小,则 L_1 变暗,灯泡 L_2 的电压 $U_2 = U - IR_1$ 变大,则 L_2 变亮,由于总电流减小,所以通过变阻器电流变小。由于 L_1 变暗,分压减小,所以并联支路的电压即变阻器两端电压变大。故选 ABC。

20. C

【解析】把 R_1 和 R_2 串联后,由于 R_2 的最大电流较小,所以串联后的最大电流为 0.5A,串联后的总电阻为 6Ω ,所以电路的最大电压 $U = IR = 0.5 \times 6 = 3V$,故选 C。

21. B

【解析】用内阻是 $6\text{k}\Omega$ 的电压表测电阻 R_1 , 该电路的总电流 I_1 为 $2 \times \frac{12}{6000}\text{A} = 4 \times 10^{-3}\text{A}$ 。

测 R_2 两端电压为 3V , 则该电路的总电流为 $I_2 = \frac{3}{R_V} + \frac{3}{R_2} = 5 \times 10^{-4} + \frac{3}{R_2}$ 。

两次总电压相等则有 $12 + I_1 R_2 = 3 + I_2 R_1$, 代入数据, $R_2 = 1.5\text{k}\Omega$ 。($-3\text{k}\Omega$ 舍去) 所以 a 、 b 间总电压为 $12 + 4 \times 10^{-3}\text{A} \times 1.5 = 18\text{V}$, 故 A、C、D 错误, B 正确。

22. AC

【解析】A、B. 电压表电阻越大, 并联电阻就越大, 分流的电流就越小, 电压表读数就越大, 对电路的影响就越小, 测量值越接近电阻两端原来的电压, 所以乙表的内阻比甲的内阻大。而内阻越大, 并联电阻越接近电阻阻值, 所以乙表读数更接近原来电压, 故 A 正确, B 错误。

C、D. 电压表的内阻很大, 当它并联在电阻的两端时使电路总电阻减少, 电流增大, 所以并联电路以外的电路电压增大, 电压表所测量的电压比原来小。所以电阻原来的电压比 10.3V 大, 故 C 正确, D 错误。

23. C

【解析】A. 甲表是电流表, 乙表是电压表, 故 A 错误。

B. R 增大时, 甲表中变阻器分流减小, 量程减小, 故 B 错误。

C. R 增大时, 变阻器分担的电压增大, 乙表量程增大, 故 C 正确。

D. 将甲和乙串联, 通过两个电表的电流不同, 故指针偏转角度不同, 故 D 错误。

24. B

【解析】经分析知:

$$I_g R_g = I_R R \cdots \textcircled{1}$$

$$I = I_g + I_R \cdots \textcircled{2}$$

$$I_g = \frac{V}{R_g} \cdots \textcircled{3}$$

联立 $\textcircled{1}$ $\textcircled{2}$ $\textcircled{3}$ 解得: $R = \frac{V}{I - \frac{V}{R_g}}$, 代入数据得: $R =$

$$\frac{0.2\text{V}}{10\text{A} - \frac{0.2\text{V}}{100\Omega}} \approx 0.02\Omega, \text{ 故选 B.}$$

25. B

【解析】此电路为电流表外接法, 因电流含有电压表的分流故 $I_{\text{测}} > I_{\text{真}}$ 。

则由 $R_{\text{测}} = \frac{U}{I_{\text{测}}} < \frac{U}{I_{\text{真}}} = R_0$, 即 $R_x < R_0$ 。可知 A 错误, B 正确, C 错误, D 错误。

26. C

【解析】把电流表改装成电压表, 应串联一个分压电阻,

分压电阻阻值 $R = \frac{U}{I_g} - R_g = \frac{3}{0.001} - 30 = 2970\Omega$, 故 C

正确。

27. (1) 100; 偏小

(2) 串联; 9900

(3) 如图 20 所示

【解析】(1) S_2 闭合, R 和 R' 并联电压相等, 各支路电流之和等于总电流。

$$\text{由 } \frac{2}{3} I_g R_g = \frac{1}{3} I_g R'$$

$$\text{知 } R_g = \frac{R'}{2} = 100\Omega.$$

闭合 S_2 后, 电路总电阻变小, 电路总电流变大, 通过 R_2 的电流小于原来电流的三分之一, 则该实验测出的电表内阻偏小。

(2) 利用电流的改装原理, 电压表利用串联分压, 要串联一个电阻 R_0 。

$$\text{由 } U = I_g (R_g + R_0)$$

$$\text{知 } R_0 = 9900\Omega.$$

(3) 改装后的电压表电阻较大, 对电表进行矫正, 滑动变阻器选择分压式接法, 电路原理图如图 20 所示, 根据原理图, 连接实物图。

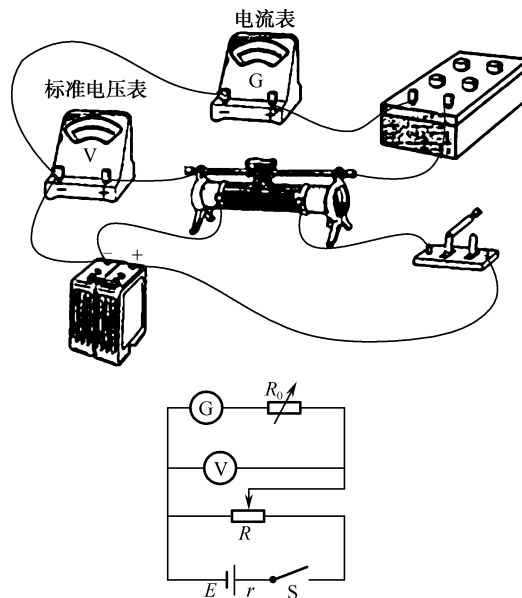


图 20

28. (1) 如图 21 所示

(2) 黑

(3) 10

(4) 225; 25.0

(5) 0.78

【解析】(1) 实物连线如图 21 所示。

(2) 因电流应从黑表笔流出, 所以表笔 a 的颜色为黑色;

(3) 将开关 S 置于“1”挡时, 表头 μA 和 R_1 、 R_2 串联后再与 R_3 并联, 将开关 S 置于“2”挡时, 表头 μA 和 R_1 串联后再与 R_2 、 R_3 并联, 所以开关 S 置于“1”挡时量程较大, 即开关 S

置于“1”挡时量程应为 10mA;

(4) 设电流表的满偏电流为 I_g , 根据欧姆定律, 当开关打到“1”时有 $I_g(R_g + R_1 + R_2) = (I_1 - I_g)R_3$, 其中 $I_1 = 10\text{mA}$ 。

当开关打到“2”时有 $I_g(R_g + R_1) = (I_2 - I_g)(R_2 + R_3)$, 其中 $I_2 = 1\text{mA}$ 。

联立以上两式 $R_2 = 225\Omega$, $R_3 = 25.0\Omega$ 。

(5) 电流表示数为 $I = \frac{1}{200} \times 156\text{mA} = 0.780\text{mA}$ 。

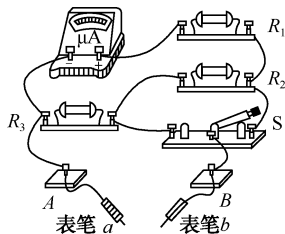


图 21

29. 见解析

【解析】(1) ①由于要求改装后的电压表量程为 0~4V, 故选 B;

由实验原理知 R_1 应能读出具体数值, 故选 C;

闭合 S_2 , 电路中电流 I 不能大于 $200\mu\text{A}$, 由 $I = \frac{E}{R_2 + R_0}$ 知 $R_2 = \frac{E}{I} - R_0$, 代入数据得: $R_2 \approx 30\text{k}\Omega$, 故选 F;

故答案为 B; C; F

②半偏法测电阻实验步骤: 第一步, 按原理图连好电路; 第二步, 闭合电键 S_2 , 调节滑动变阻器 R_2 , 使表头指针满偏; 第三步, 闭合电键 S_1 , 改变电阻箱 R_1 的阻值, 当表头指针半偏时记下电阻箱读数, 此时电阻箱的阻值等于表头内阻 r_g 。

故应选 B; C; A; E

③当调节电阻箱, 使电流表半偏时, 由于干路电流几乎未变, 电阻箱与电流计中的电流相等, 电阻必然相等。如果所得的 R_1 的阻值为 300.0Ω , 则图中被测电流计 G 的内阻 r_g 的测量值为 300.0Ω 。

实际上电阻箱并入后, 电路的总电阻减小了, 干路电流增大了, 电流计半偏时, 流过电阻箱的电流大于流过电流计的电流, 电阻箱接入的电阻小于电流计的电阻。所以, 该测量值“略小于”实际值。

故答案为: 300; 略小于

④将电流计改装成电压表, 应串联接入一分压电阻 R , 由欧姆定律及串联电路分压规律有: $U = I_g R_g + I_g R$ 其中 U 为改装后电压表的满偏电压, 则 $R = \frac{U}{I_g} - R_g$ 代入数据解得: $R = 19.7\text{k}\Omega$ 。

故答案为: 串; 19.7

(2) ①校对改装的电压表, 应使电压表与标准电压表并联, 两端的电压从零开始变化, 观察两表示数的差值, 确定对改装时串接给电流计的分压电阻增大些还是减小些。所以滑动变阻器应采用分压式接法, 校对电路如图 22 所示。

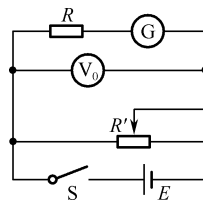


图 22

②根据对电压表示数, 由欧姆定律: $U = \frac{2}{5} I_g (R + R_g)$,

带入两次的 R 、标准电压表示数 U 解得:

$r_g = 3.0\text{k}\Omega$, $I_g = 0.50\text{mA}$ 。

若要改装成量程为 15V 的电压表, 由欧姆定律及串联电路分压规律有: $U = I_g R_g + I_g R$, 代入数据解得, 应串联的分压电阻: $R = 27\text{k}\Omega$ 。

故答案为: 3.0; 0.50; 27

30. (a) 1.5mA, 143Ω (b) 16.8Ω , 15mA

【解析】(a) 在图示的测量电路中, 电压表和电流表串联, 电流表测量的最大电流 $I_{\text{max}} = 150\text{mV}/150\Omega = 1\text{mA}$, 选择 1.5mA 的电流表。电压表的内阻 $R_{\text{mV}} = \frac{150\text{mV}}{1.05\text{mA}} = 143\Omega$

(b) 改装前后电流量程由 1.05mA 变为 10mA, 因此需要并联一个 $R = \frac{1.05\text{mA} \times 143\Omega}{(10 - 1.05)\text{mA}} = 16.8\Omega$ 的电阻。

因此电阻箱的取值是 16.8Ω 。

对改装成的电流表进行校准时, 采用标准电流表与校准电流表串联的电路, 所以电路中的最大电流为 10mA, 因此电流表应该选择 15mA 的量程。

31. BC

【解析】A. 因量程不同, 内阻不同, 则分压不同, 故示数不同, 故 A 错误。

B. 因是串联关系, 电流大小一样, 则偏转角度相同, 故 B 正确。

C. 读数为分压, 正比于两表的内阻, 故 C 正确。

D. 指针偏转角度相同, 故 D 错误。

32. 1:2

【解析】设四分之一圆形的电阻为 R ;

a 中为两电阻并联, 则总电阻 $R_a = \frac{R}{2}$;

b 中为两电阻串联, 则总电阻 $R_b = 2R$;

故电阻的比值为: $R_a : R_b = \frac{R}{2} : 2R = 1:2$



第五节 焦耳定律

1. C

【解析】根据公式 $Q = I^2 R t$ 可得: 当通过电阻 R 的电流为 I 时, 在 t 时间内产生的热量为 $Q = I^2 R t$; 当若电阻为 $2R$, 电流为 $I/2$, 则在时间 t 内产生的热量为 $Q' = \frac{I^2}{4} \cdot 2R t = \frac{1}{2} Q$, C 正确。

2. B

【解析】略

3. 1:2:3;6:3:2

【解析】当三个电阻串联时,电流相等,则由 $P = I^2 R$ 可知;

功率与电阻成正比;故功率之比为 1:2:3;

三个电阻并联时,电压相等,则由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知,电功率与电阻成反比;

故功率之比为 $\frac{1}{10} : \frac{1}{20} : \frac{1}{30} = 6:3:2$ 。

4. 见解析

【解析】设并联部分的电压为 U ,

$\therefore R_1, R_2$ 并联,如图 23 所示。

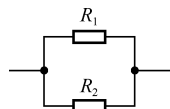


图 23

$\therefore I = I_1 + I_2, U = U_1 = U_2$,

电路消耗的总功率:

$P_{\text{总}} = UI = U(I_1 + I_2) = UI_1 + UI_2 = P_1 + P_2$ 。

即 $P_{\text{总}} = P_1 + P_2$ 。

5. A

【解析】灯泡的电阻 $R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{220^2}{40} = 1210\Omega$, 当电压为

110V 时,实际功率 $P = \frac{U^2}{R} = \frac{12100}{1210} = 10W$

6. C

【解析】略

7. C

【解析】该图像是 $I-U$ 图线,图像的斜率表示电阻的倒数,斜率越大,电阻越小,所以 $R_1:R_2 = 1:2$ 。

根据功率的公式 $P = \frac{U^2}{R}$,电压相同,电阻大的功率小,所以 $P_1:P_2 = 2:1$,故选 C。

8. B

【解析】电阻 R_1 的额定电压为 $U_1 = \sqrt{P_1 R_1} = \sqrt{50 \times 4} =$

$10\sqrt{2}V$, 额定电流为 $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10\sqrt{2}}{50} = 0.2\sqrt{2}A$;

电阻 R_2 的额定电压和额定电流与电阻 R_1 相同;

R_1 和 R_2 串联部分的额定电流均为 $0.2\sqrt{2}A$,故串联电路的额定电流为 $0.2\sqrt{2}A$,而额定电压为 2 倍的 $10\sqrt{2}V$,即 $20\sqrt{2}V$;

电阻 R_3 的额定电压为 $U_3 = \sqrt{P_3 R_3} = \sqrt{100 \times 1} = 10V$,

额定电流为 $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{10}{100} = 0.1A$;

故总的额定电压取并联电路额定电压的较小值,为 $10V$;

总电阻为 $R = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50\Omega$

故最大功率为 $P = \frac{U^2}{R} = \frac{100}{50} = 2W$

9. BC

【解析】A. 随着电压的增加,元件的热功率增加,温度升高;从图像可以看出, a 图线对应电阻减小, b 图像对应电阻增加;热敏电阻其阻值随温度的升高而减小,而小灯泡的电阻随温度的升高而增加;故 a 是热敏电阻, b 是小灯泡;故 A 错误, B 正确。

C. 图线中的 M 点,电流和电压都相等,根据欧姆定律,电阻相等;功率 $P = UI$ 也相等,故 C 正确, D 错误。

10. D

【解析】C、D. 设灯泡的额定电流为 I_0 ,额定电压为 U_0 ,则 $P_1 = (8 - U_0) \cdot 2I_0, P_2 = (16 - 2U_0) \cdot I_0$,故 $P_1 = P_2$,故 C 错误, D 正确。

A、B. 设灯泡的额定电流为 I_0 ,额定电压为 U_0 ,则 $P_{\text{甲}} = 8 \times 2I_0 = 16I_0, P_{\text{乙}} = 16 \times I_0 = 16I_0$,故 $P_{\text{甲}} = P_{\text{乙}}$,故 A 错误, B 错误。

11. ACD

【解析】A. 由公式 $W = qE$,可知,两电源做功相等,整个电路产生的电热相等,而甲电源内部产生的电热小于乙电源内部产生的电热,所以甲图外电路产生的电热大于乙图外电路,而外电路产生的电热就是电阻 R 上产生的电热,故 A 正确。

B. 由题:电源的电动势 E 和内阻 r 相同,电阻 $R_1 > R_2$,由闭合电路欧姆定律可知电流 $I_1 < I_2$,电源内部产生电热 $Q_{\text{内}} = I^2 r = qIr$,可见电源内部产生电热较多的是乙电路中的电源,故 B 错误。

C. 由公式 $W = qE$,可知通过的电量 q 和电动势 E 都相同,所以两电源做功相等,故 C 正确。

D. 两电阻的阻值与电源的内阻关系不清楚,无法判断电源输出功率的大小,所以甲、乙两电路电源输出功率可能相等,故 D 正确。

12. C

【解析】高压线上的热耗功率:

$\Delta P = I^2 R_{\text{线}} \cdots \text{①}$

若热耗功率变为 $9P$,则:

$9\Delta P = I'^2 R_{\text{线}} \cdots \text{②}$

由①②得: $I' = 3I$;

输送功率不变,由 $P_{\text{总}} = UI = U'I'$,

得: $U' = \frac{I}{I'} U = \frac{1}{3} U$

13. C

【解析】由于串联,虽电流超过正常值时,但电流相等,根据 $Q = I^2 R t$ 可知,当电阻越大时,保险丝被熔断的时间则越短;当电阻越小时,保险丝被熔断的时间则越长,故 C 正确, ABD 错误。

14. D

【解析】A. 增加教室开灯的盏数,即并联灯泡,总电阻减小,总电流增大,故 A 错误。

B. 根据欧姆定律可知,输电线上消耗的电压变大,则日

光灯两端电压变小,亮度变暗,故 B 错误。

C. 发电机的输出功率 $P = UI$, 电压不变, 电流变大, 输出功率变大, 故 C 错误。

D. 电流增大, 输电线电阻不变, 根据 $P_{\text{热}} = I^2 r$ 可知, 输电过程中的损失功率将增大, 故 D 正确。

15. C

【解析】由图可知 L_1 和 X_1 并联, L_2 和 X_2 并联... 然后它们再串联接在 220V 交流电源上, L_2 灯丝烧断, 则总电阻变大, 电路中电流 I 减小, 又 L_1 和 X_1 并联的电流分配关系不变, 则 X_1 和 L_1 的电流都减小, 功率都减小, 同理可知除 X_2 和 L_2 外各灯功率都减小;

由于 I 减小, 各并联部分的电压都减小, 交流电源电压不变, 则 X_2 上电压增大, 但一定小于 220V, 根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知 X_2 的功率变大; 故 A 错误, B 错误, C 正确, D 错误。

16. B

【解析】设灯泡 L 连接在 A、B 两点时, 电路的电流为 I_1 , 则

$$P_1 = I_1^2 R_L = 9 \text{ W} \quad ①$$

若将灯泡 L 接 C、D 两点时, 电路的电流为 I_2 , 则

$$P_2 = I_2^2 R_L = 4 \text{ W} \quad ②$$

由①②两式可得:

$$I_1 : I_2 = 3 : 2,$$

若将灯泡 L 接 C、D 两点时, 电路的总功率为: $P_3 = UI_2$,

$$\text{则: } \frac{P_1}{P_3} = \frac{UI_1}{UI_2},$$

$$\text{即 } P_3 = \frac{I_2 P}{I_1} = \frac{2}{3} \times 9 \text{ W} = 6 \text{ W},$$

所以导线 AC 和 BC 消耗的总功率为:

$$P = P_3 - P_2 = 6 \text{ W} - 4 \text{ W} = 2 \text{ W}$$

17. A

【解析】 $\because L_1$ 消耗的功率恰好为 6W,

$$\therefore \text{串联电路的电流为 } I = \frac{P_1}{U_1} = \frac{6}{6} \text{ A} = 1 \text{ A},$$

$$L_2 \text{ 的电阻为 } R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{6^2}{9} = 4 \Omega,$$

$$L_2 \text{ 消耗的实际功率为 } P = I^2 R_2 = (1 \text{ A})^2 \times 4 \Omega = 4 \text{ W} < 9 \text{ W}$$

18. ABD

【解析】由 $P = \frac{U^2}{R}$ 得: 当接通 S 时, 电阻变小, 功率变大, 处于加热状态; 当断开 S 时, 电阻变大, 功率变小, 处于保温状态。

A. 由上可知, R_2 是供加热用的电阻丝, 故 A 正确。

B. 由上可知, 当开关 S 接通时电饭锅为加热状态, S 断开时为保温状态, 故 B 正确。

C. 要使 R_2 在保温状态时的功率为加热状态的一半, 由 $P = I^2 R$ 可得: 电阻 R_2 在保温与加热状态下的电流之比为 $1 : \sqrt{2}$, 所以 $(R_1 + R_2) : R_2 = \sqrt{2} : 1$. 则 $R_1 : R_2 = (\sqrt{2} - 1) : 1$. 故 C 不正确, D 正确。

19. AC

【解析】电动机的总功率为 $P = UI$; 电动机的发热功率, 根据焦耳定律, $P_{\text{热}} = I^2 R$; 故电动机的输出功率: $P_{\text{出}} = P - P_{\text{热}} = UI - I^2 R$. 故 AC 正确, B 错误。

D. 因为 $P > P_{\text{热}}$, 即 $UI > I^2 R$, $U > IR$, 欧姆定律不适用, 故 $UI \neq I^2 R \neq \frac{U^2}{R}$, 故 D 错误。

20. B

【解析】A. 灯泡正常发光, 则电路电流 $I = \frac{P}{U} = \frac{6}{3} = 2 \text{ A}$, 故 A 错误。

B. 灯泡正常发光时的电压等于其额定电压, 电动势电压 $U_M = U - U_L = 8 \text{ V} - 3 \text{ V} = 5 \text{ V}$, 电动机的热功率 $P_Q = I^2 R_M = (2 \text{ A})^2 \times 1 \Omega = 4 \text{ W}$,

则电动机的输出功率 $P_{\text{出}} = U_M I - P_Q = 5 \times 2 - 4 = 6 \text{ W}$, 故 B 正确, C 错误。

D. 整个电路消耗的功率 $P_{\text{总}} = UI = 8 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 16 \text{ W}$, 故 D 错误。

21. 5 A, 550 W, $5.4 \times 10^4 \text{ J}$

【解析】(1) 电动机和电阻串联, 所以电流相等,

$$\text{电阻 } R \text{ 两端电压 } U_1 = 160 - 110 = 50 \text{ V}, I = \frac{U}{R} = 5 \text{ A}.$$

(2) 电动机的电功率 $P = UI = 110 \times 5 = 550 \text{ W}$.

(3) 产生的热量 $Q = P_{\text{热}} t = 15 \times 3600 = 5.4 \times 10^4 \text{ J}$.

22. AC

【解析】A. 电动机 M 与电炉 L 串联, 电流相等, 电阻相等, 根据焦耳定律 $Q = I^2 R t$ 可知, 在相同的时间内, 电炉放出的热量与电动机放出的热量相等, 故 A 正确。

B、C. 设电动机 M 线圈电阻与电炉 L 的电阻均为 R, 电路中电流为 I, 根据欧姆定律得: 电炉两端的电压 $U_L = IR$, 电动机是非纯电阻电路, 其电压 $U_M > IR$, 则有 $U_M > U_L$, 所以电炉两端电压小于电动机两端电压, 故 B 错误, C 正确。

D. 电动机消耗的功率 $P_M = U_M I$, 电炉消耗的功率 $P_L = U_L I$, $U_M > U_L$, 则 $P_M > P_L$, 即电动机消耗的功率大于电炉消耗的功率, 故 D 错误。

23. D

【解析】A. 重物被提升的功率 $P_1 = Fv = Gv = 500 \times 0.9 \text{ W} = 450 \text{ W}$

此时电路中的电流为 5A, 则电源的总功率 $P_{\text{总}} = EI = 110 \times 5 \text{ W} = 550 \text{ W}$, 故 AB 错误。

C. 线圈电阻消耗的功率为 $P_r = P_{\text{总}} - P_1 = 550 - 450 \text{ W} = 100 \text{ W}$

由欧姆定律可得: $r = \frac{P_r}{I^2} = \frac{100}{5^2} \Omega = 4 \Omega$, 故 C 错误, D 正确。

24. A

【解析】电动机的电阻: $R = \frac{U}{I} = \frac{2}{0.5} = 4 \Omega$;

电动机的总功率: $P = U_1 I_1 = 24 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 48 \text{ W}$;

电动机自身电阻的热功率: $P_R = I_1^2 R = (2 \text{ A})^2 \times 4 \Omega$

= 16 W;

电动机正常运转时的输出功率是: $P_{\text{输出}} = P - P_R = 48 \text{ W} - 16 \text{ W} = 32 \text{ W}$, 故 A 正确, BCD 错误。

25. BD

【解析】A、B. 由功能关系 $EI = kmgv + I^2 r$, 电动机的内阻为 $r = \frac{E}{I} - \frac{kmgv}{I^2}$, A 错误 B 正确。

C、D. 若电动机突然被卡住而停止转动, 相当于纯电阻, 则电源消耗的功率将变大, C 错误, D 正确。

26. B

【解析】全国一年节省的电能最接近 $W = Pt = 2(0.06 \text{ kW} - 0.01 \text{ kW}) \times 5.5 \times 10^8 \times 4 \text{ h} \times 365 = 8.03 \times 10^{10} \text{ kW} \cdot \text{h}$

27. ABD

【解析】A. L 与两个标准电阻 R_1 、 R_2 并联后接在电压恒为 U 的电源两端, 三个用电器消耗的电功率均为 P , 此时三个电阻的阻值相等。

当将它们连接成如图(b)所示的电路, 接在该电源的两端时, L 的电压小于电源的电压, 由(a)图像可知, 灯泡的电阻减小, 则有 $R_L < R_1 = R_2$ 。而 R_L 与 R_2 并联, 电压相等, 根据欧姆定律得知, 电流 $I_L > I_2$, 又 $I_1 = I_2 + I_L$, 得到 $I_1 > 2I_2$, $I_1 < 2I_L$, 由 $P = UI$ 可得: $P_1 > P_L + P_2$, 故 A 正确。

B. 由 $P_1 = I_1^2 R_L$, $P_L = I_L^2 R_L$, $P_2 = I_2^2 R_2$, 可得: $P_1 > 4P_2$, 故 B 正确。

C. 由 $P = \frac{U^2}{R}$ 得: $P_1 \frac{U^2}{R_1}$, 由于 $R_L < R_1 = R_2$, 得: $\frac{P_L R_2}{R_L + R_2} = \frac{R_2}{1 + \frac{R_2}{R_L}} < \frac{R_2}{1 + 1} = \frac{1}{2} R_2 = \frac{1}{2} R_1$, 故 $P_2 < \frac{(\frac{1}{3}U)^2}{R_2} = \frac{U^2}{9R_2}$, 可知 $P > 9P_2$, 故 C 错误。

D. 由于 $R_L < R_1 = R_2$, 则 $\frac{R_L R_2}{R_L + R_2} < \frac{1}{2} R_1$, 得 $U_{\text{并}} < \frac{1}{2} U_1$ 而串联电路电流相等, 则 $I_1 = I_2 + I_L$, 由 $P = IU$ 知: $P_1 > 2(P_2 + P_L) > 2P_L$, 故 D 正确。

28. C

【解析】根据电功率的表达式, $P = UI$, 有 $\Delta P = P_2 - P_1 = U_2 I_2 - U_1 I_1$;

而 $P = UI$ 可变为 $P = \frac{U^2}{R}$, 则有 $\Delta P = \frac{U_2^2}{R} - \frac{U_1^2}{R} = \frac{(U_2 - U_1)(U_2 + U_1)}{R} = (U_2 - U_1)(I_2 + I_1)$,

所以 C 正确, ABD 错误。

第六节 导体的电阻

1. B

【解析】当导体的长度拉长到原来的 2 倍时, 其材料和体积均不变, 则横截面积变为原来的 $\frac{1}{2}$; 而导体的电阻与长度成正比, 与横截面积成反比, 所以此时导体的电阻变为原来的 4 倍, 即 4Ω 。

2. B

【解析】镍铬丝的横截面的直径为 d , 横截面积为 $S_1 = \frac{1}{4} \times \pi d^2$, 由数学知识得知, 直径是 $\frac{d}{10}$ 后横截面积是 $S_2 = \frac{1}{100} S_1$, 由于镍铬丝的体积不变, 长度变为原来的 100 倍, 根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得到, 电阻是原来的 10000 倍, 即为 $10000R$ 。

3. A

【解析】导线对折后, 导线长度减半, 而截面积加倍, 则由电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可知, 其电阻将变化原来的 $\frac{1}{4}$ 。

4. A

【解析】由电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得, $R = \rho \frac{l}{ld} = \rho \frac{1}{d}$, 与材料和厚度有关。两电阻厚度相同, 材料相同, 所以电阻之比为 1:1。

5. D

【解析】电阻率的大小由材料的性质决定, 与电阻的大小、导线的长度、横截面积无关, 故 D 正确, A、B、C 错误。

6. A

【解析】电阻 $R = \frac{U}{I}$, 从图像得到, 随着电压的升高, 电阻逐渐变大;

根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$, 说明电阻率随着电压的升高而增加; 电压越大, 功率越大, 温度越高; 即电阻率随着温度的升高而升高; 故材料是金属。

7. A

【解析】将断了的灯丝重新搭接上, 再将这只灯泡再接入原电路中, 灯丝接入电路的长度变短, 根据电阻定律得知, 其电阻变小, 而电路的电压不变, 则由功率公式 $P = \frac{U^2}{R}$ 分析得知, 灯泡实际消耗的功率增大, 灯泡变亮。

8. B

【解析】A. 电阻率的大小与材料、温度有关, 与横截面积、长度无关, 故 A 错误, B 正确。

C. 根据电阻定律的公式 $R = \rho \frac{L}{S}$ 知, 电阻率大的导体, 电阻不一定大, 还与横截面积与长度有关, 故 C 错误。

D. 有些合金的电阻率几乎不受温度变化的影响, 可用来制作标准电阻, 故 D 错误。

9. C

【解析】半导体的电阻率随温度的升高而减小, 故电阻随温度的升高而减小, 故 A 错误。

超导现象是指当温度接近热力学温度 0K 时, 有些材料的电阻率突然减小为零的现象; 高温超导体并不是大多数人认为的几百几千摄氏度的高温, 只是相对原来超导所需的超低温高许多的温度, 不过也有零下几百摄氏度, 而在人类所研究的超导中温度算提高非常多, 所以称之为高温超导体, 故 B 错误。

半导体通常可用来制作体积很小的热敏电阻、光敏电阻、二极管和三极管,故 C 正确。

超导体电阻为零,应用前景很广,故 D 错误。

10. A

【解析】根据电阻定律公式 $R = \rho \frac{L}{S}$, 有:

$$R_{AB} = \rho \frac{L_{ab}}{S_{ad}} \dots\dots\dots ①$$

$$R_{CD} = \rho \frac{L_{ad}}{S_{ab}} \dots\dots\dots ②$$

$$\text{故 } \frac{R_{AB}}{R_{CD}} = \frac{L_{ab}S_{ab}}{L_{ad}S_{ad}} = \frac{4}{1}$$

根据欧姆定律,电压相同时,电流与电阻成反比,故两次电流之比为 1:4,故第二次电流为 4A。

11. CD

【解析】甲的圆半径是乙的 2 倍,则其截面积是乙的 4 倍,则由电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可知,甲的电阻是乙电阻的一半,故 AB 错误。

将两电阻并联时,电压相等,则由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知,甲的电功率是乙电功率的 2 倍,故 C 正确。

两电阻串联时,电流相等,则由 $P = I^2 R$ 可知,甲的电功率是乙电功率的一半,故 D 正确。

12. B

【解析】根据欧姆定律得, $R = \frac{U}{I}$, 根据电阻定律 $R = \rho \times \frac{2L}{S}$, 解得 $S = \frac{2\rho LI}{U}$, 故 B 正确, A、C、D 错误。

$$13. \frac{U}{I}, \frac{\pi D d U}{4 I L}$$

【解析】根据欧姆定律得,金属膜的电阻 $R = \frac{U}{I}$ 。

由于金属膜的厚度很小,所以在计算横截面积时,近似的计算方法是:若将金属膜剥下,金属膜可等效为长为 L , 宽为 πD (周长), 高为厚度为 d 的长方体,金属膜的长为 L , 横截面积 $S = \pi D d$ 。根据 $R = \rho \frac{L}{S}$, 求得 $\rho = \frac{RS}{L} = \frac{\pi D d U}{4 I L}$ 。

14. A

【解析】A. 应测量金属丝连入电路的有效长度三次,求平均值,而不是全长,故 A 错误。

B. 为了减小实验误差,应用螺旋测微器在金属丝三个不同部位各测量一次直径,算出其平均值, B 正确。

C. 金属丝电阻很小,与电压表内阻相差很大,电压表和金属丝并联,电压表的分流作用很小,应采用电流表外接法,故 C 正确。

D. 金属丝的电阻率随温度的改变而改变,为保持电阻率不变,应保持温度不变,故 D 正确。

15. ABDC

【解析】因为电源的电动势大约 6V, 则电压表选择 3V 量程测量误差较小,而电压表 15V 测量误差较大,故电压表选

择 D。

通过电阻丝的最大电流大约 $I = \sqrt{\frac{P}{r}} = \sqrt{\frac{0.75}{3}} = 0.5 \text{ A}$, 所以电流表选择 0.6A 量程的, 故电流表选择 B。

因为电阻丝的电阻大约为 3Ω , 则滑动变阻器选择 $0 \sim 20\Omega$ 的测量误差较小, 故滑动变阻器选择 G。

故选: ABDC

16. ① 0.500

② 如图 24 所示, A_1

$$\text{③ D} \quad \text{④ } \frac{\pi d^2 R_0}{4 L_0}$$

【解析】① 螺旋测微器的读数为: $d = 0.5 \text{ mm} + 0 \times 0.01 \text{ mm} = 0.500 \text{ mm}$ 。

② 根据闭合电路欧姆定律可知, 电路中的最大电流为: $I_{\max} = \frac{E}{r + R_x} = \frac{3}{1 + 20} \text{ A} = 143 \text{ mA} = 143 \text{ mA}$, 所以电流表应选 A_1 。

电路连线如图 24 所示。

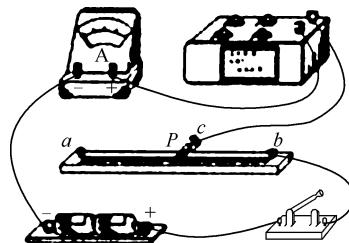


图 24

③ 电路中电阻箱的作用是保护电流表, 当电阻丝的电阻为零时,

$$\text{则电阻箱的电阻 } R = \frac{E}{I} - R_A - r = \frac{3}{0.1} - 5 - 1 = 24 \Omega$$

图线在 R 轴的截距 R_0 最接近 25Ω , 故选 D。

$$\text{④ 根据闭合电路欧姆定律, 应有: } I_g = \frac{E}{r + R + R_x},$$

$$\text{可得: } R = \frac{E}{I_g} - r - R_x,$$

$$\text{根据电阻定律应有: } R_x = \frac{\rho L}{\frac{1}{4} \pi d^2},$$

$$\text{联立以上两式可得: } R = -\frac{4\rho}{\pi d^2} L + \frac{E}{I_g} - r,$$

$$\text{根据函数斜率的概念应有: } \frac{4\rho}{\pi d^2} = \frac{R_0}{L_0},$$

$$\text{解得: } \rho = \frac{\pi d^2 R_0}{4 L_0}$$

17. ① 4.700, 毫米刻度尺

② A, C, E

③ 导线连接在滑动变阻器的滑片上, 采用了电流表内接法

$$\text{④ } \sqrt{D^2 - \frac{4\rho I L}{\pi U}}$$

⑤D

【解析】①螺旋测微器的读数为： $D = 4.5\text{mm} + 20.0 \times 0.01\text{mm} = 4.700\text{mm}$ 。

测量 30cm 金属管长度时应用毫米刻度尺来测量。

②由于两节电池的电动势为 3V，所以电压表应选 A；由于通过金属管的最大电流为 $I_m = \frac{U}{R_x} = \frac{3}{5}\text{A} = 0.5\text{A}$ ，所以电流表应选 C。

根据闭合电路欧姆定律可知，电路中需要的最大电阻为： $R_{\max} = \frac{E}{\frac{1}{3}I_A} = \frac{3}{\frac{1}{3} \times 0.6}\Omega = 15\Omega$ ，所以变阻器应选 E。

③由于待测金属管阻值远小于电压表内阻，所以电流表应用外接法，连线图中的两个错误分别是：错误 1：导线连接在滑动变阻器的滑片上；

错误 2：采用了电流表内接法。

④设金属管内径为 d ，根据电阻定律应有： $R = \frac{\rho L}{\frac{1}{4}\pi d^2}$ ，又 $R = \frac{U}{I}$ ，联立可得： $d = \sqrt{D^2 - \frac{4\rho IL}{\pi U}}$ 。

⑤A. 考虑金属的电阻率随温度的升高而增大可知，通过待测金属管的电流不能太大，所以 A 错误。

B. 为减小温度的影响，中间过程应断开开关，所以 B 错误。

C. 千分尺的精确度是 0.01mm，即应精确到 $\frac{1}{100}\text{mm}$ ，所以 C 错误。

D. 千分尺读数时必须估读一位，即估读到 0.001mm，所以 D 正确。

18. (1) ACDFH

(2) 外、小

(3) 0.900

(4) $\frac{\pi d^2 R}{4l}$

【解析】(1) ①电池组 A 必选，由于电动势是 3V，用 3V 量程的电压表 D；因为电阻丝的电阻大约为 5Ω ，如果把 3V 的电动势全加在电阻丝上，电流才是 0.6A，因此用量程是 0.6A 的电流表 C；此题中金属丝的电阻大约为 5Ω ，为了减小实验误差，应选 10Ω 的滑动变阻器 F，还有连接电路必要的导线开关 H，所以实验器材选用 ACDFH。

(2) 由于 $\frac{R_x}{R_A} = \frac{5}{0.125} = 40$ 比 $\frac{R_V}{R_x} = \frac{4 \times 10^3}{5} = 800$ 小，说明待测电阻为小电阻，应采用外接法；由于电压表的分流作用，电流测量值偏大，故电阻测量值比真实值偏小。

(3) 从螺旋测微器的主尺上可以看出，半毫米刻度线已经露出来，因此主尺上应读 0.5mm，螺旋上接近第 40 个刻度线，可以估读 $40.0 \times 0.01\text{mm} = 0.400\text{mm}$ ，所以该金属丝直径应为 $0.5\text{mm} + 0.400\text{mm} = 0.900\text{mm}$ 。

(4) 根据 $R = \rho \frac{l}{S}$ 可得 $\rho = \frac{RS}{l} = \frac{R\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}{l} = \frac{\pi d^2 R}{4l}$

19. A

【解析】当输电导线总电阻为 0.4Ω 时，

由 $P = UI$ 得

$$I = \frac{P}{U}$$

输电线上损失的功率

$$\Delta P = I^2 R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 R = \left(\frac{40 \times 10^3}{800}\right)^2 \times 0.4\text{W} = 1\text{kW}$$

20. B

【解析】等式左边的单位是 Ω ，右边的单位是 Ω ，单位是合理的。将 $b = a$ 代入得到 $R \neq 0$ ，因为电阻是很薄的一层，电阻应该很小，这个等式是不合理的，故 A 错误。

等式左边的单位是 Ω ，右边的单位是 Ω ，单位是合理的，将 $b = a$ 代入得到 $R = 0$ ，根据上面分析是合理的，故 B 正确。

等式左边的单位是 Ω ，右边的单位是 $\Omega \cdot \text{m}^2$ ，左右两边单位不同，则此式不合理，故 C 错误。

等式左边的单位是 Ω ，右边的单位是 $\Omega \cdot \text{m}^2$ ，左右两边单位不同，则此式不合理，故 D 错误。

21. BC

【解析】A、B. 横截面的半径变为原来的 $\frac{1}{2}$ ，可知面积变为原来的 $\frac{1}{4}$ ，由体积 $V = LS$ 不变，可知长度变为原来的 4 倍。

由电阻定律的表达式： $R = \rho \frac{L}{S}$ ，可得变化后的电阻值为：

$$R' = \rho \frac{4L}{\frac{1}{4}S} = 16R$$

由 $I = \frac{U}{R}$ 可知，电流变为 $\frac{1}{16}$ 。

故 A 错误，B 正确。

C、D. 由电流的微观表达式： $I = nqSv$ ，可知 $v = \frac{I}{nqS}$ ，

$$v' = \frac{I'}{nqS'}$$

$$v' = \frac{\frac{1}{16}I}{nq \frac{1}{4}S} = \frac{1}{4}v$$

故 C 正确，D 错误。



第七节 闭合电路欧姆定律

1. ABD

【解析】A. 电源短路时，电源电压均加在了内阻上，故内电压等于电动势，故 A 正确。

B. 电源短路时，路端电压为零，故 B 正确；C 错误。

D. 由 $U = E - Ir$ 可知，外电路总电阻增大时，电流减小，则路端电压增大；故 D 正确。

2. BD

【解析】闭合电路中，在外电路中电流从电势高的地方流向电势低的地方，内电路中相反，故 A 错。闭合电路中，总电

流越大,内电压越大,路端电压越小,故 B 对,C 错。闭合电路中,外电阻越大,总电阻越大,总电流越小,内电压越小,路端电压越大,故 D 对。

3. D

【解析】根据闭合电路欧姆定律, $U = E - Ir$, 所以 D 正确。

4. A

【解析】闭合开关 S 后,由闭合电路欧姆定律得:

$$\text{电路中的电流 } I \text{ 为: } I = \frac{E - U}{r} = \frac{3 - 2.4}{0.4} \text{ A} = 1.5 \text{ A}$$

5. C

【解析】A、B、C. $U-I$ 图像中与 U 轴的交点表示电源的电动势,斜率表示内阻,电动势 $E_1 = E_2$,内阻 $r_1 < r_2$, $U-I$ 图像与 I 轴的交点表示短路电流,故发生短路时的电流 $I_1 > I_2$,故 AB 错误,C 正确。

D. 根据 $U = E - Ir$ 可知, $\Delta U = -r \cdot \Delta I$,内阻 $r_1 < r_2$,故当电源的工作电流变化相同时,电源 2 的路端电压变化较大,故 D 错误。

6. 1.5;1

【解析】根据闭合电路欧姆定律 $U = E - Ir$,可知:当 $I = 0$ 时 $U = E$,即电源的 $U-I$ 图像纵截距表示电源的电动势,斜率的绝对值表示内阻,所以可得:

$$\text{电动势 } E = 1.5 \text{ V}, \text{ 电源内阻为: } r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.5 - 1.1}{0.4} \Omega = 1.0 \Omega.$$

7. C

【解析】设两图线交点的纵坐标为 I ,则由数学知识得到 $\frac{I}{4} = \frac{1}{4}$,得 $I = 1 \text{ V}$

①电阻 b 的阻值 $R = \frac{U}{I} \Omega = 3 \Omega$,故①错误。

②由图线 b 读出电源的电动势为 $E = 4 \text{ V}$,则该电池组的内阻为 $r = \frac{E - U}{I} = \frac{4 - 3}{1} \Omega = 1 \Omega$,故②正确。

③、④将该电阻接在该电池组两端时,电池组的路端电压等于两图线交点的横坐标,读出路端电压为 $U = 3 \text{ V}$,则内电压为 $U' = E - U = 4 \text{ V} - 3 \text{ V} = 1 \text{ V}$,故③错误,④正确。

8. AD

【解析】滑片 P 向右滑动的过程中,滑动变阻器接入电路的电阻变大,整个闭合回路的总电阻变大,根据闭合欧姆定律可得干路电流 $I = \frac{E}{R_{\text{外总}} + r}$ 变小,灯泡 L_2 变暗,故 B 错误。

灯泡 L_2 两端电压 $U_2 = IR_2$ 变小,即电压表 V_2 示数变小,电压表 V_1 的读数为 $U_1 = E - I(r + R_2)$,变大,故 C 错误。

小灯泡 L_3 变亮,根据串、并联电路的特点 $I = I_1 + I_3$, I 减小, $I_3 = \frac{U_1}{R_3}$ 变大,则通过小灯泡 L_1 的电流 I_1 减小,小灯泡 L_1 变暗,故 A 正确。

电压表 V_1 、 V_2 示数之和为 $U = E - Ir$, I 减小, U 增大,故 D 正确。

9. BC

【解析】A. R_1 是定值电阻,由 $P = I^2 R$ 知,当 $R_2 = 0$ 时,电路中电流最大,其功率最大,故 A 错误。

B. 路端电压随外电阻增大而增大,则当 $R_2 = 3 \Omega$ 时,路端电压最大,最大值为 $U_{\text{max}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r} E = \frac{2 + 3}{2 + 3 + 1} \times 6 \text{ V} = 5 \text{ V}$,当 $R_2 = 0$ 时,路端电压最小,最小值为 $U_{\text{min}} = \frac{R_1}{R_1 + r} E = \frac{2}{2 + 1} \times 6 \text{ V} = 4 \text{ V}$,故 B 正确。

C. R_1 是定值电阻,由 $P = I^2 R$ 知, R_2 的阻值越小,电路中电流越大, R_1 消耗的功率越大,故 C 正确。

D. 当 R_2 的阻值为 3Ω 时,电路中电流最小, R_1 消耗的功率最小,故 D 错误。

10. AC

【解析】闭合开关 S,电路稳定后,电路中电流为 $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} = \frac{3}{3 + 2 + 1} \text{ A} = 0.5 \text{ A}$,

电容器两端的电压 $U = IR_1 = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ V}$,

带电量为 $Q = CU = 100 \times 10^{-6} \times 1.5 \text{ C} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ C}$

先闭合开关 S,电路稳定后断开开关 S,通过电阻 R_1 的电荷量等于 $Q = 1.5 \times 10^{-4} \text{ C}$ 。

11. C

【解析】A. 若 ab 段断路,电路中没有电流,根据欧姆定律得知, $U_{cd} = 0$, $U_{bc} = 0$,则得到 $U_{ab} = 6 \text{ V}$,与题不符,故 A 错误。

B. 若 bc 段断路,电路中没有电流,根据欧姆定律得知, $U_{ab} = 0$, $U_{cd} = 0$, $U_{bc} = 6 \text{ V}$,与题不符,故 B 错误。

C. 若 cd 段断路,电路中没有电流,根据欧姆定律得知, $U_{ab} = 0$, $U_{bc} = 0$, $U_{cd} = 6 \text{ V}$,与题相符,故 C 正确。

D. 由上可知 D 错误。

12. A

【解析】由图像 I 可知电源的电动势 $E = 3 \text{ V}$,短路电流为 3 A ,根据 $r = \frac{E}{I}$,电源的输出功率即为电阻 R 上消耗的功率,根据 $P = UI$ 得: $P = 2 \times 1 \text{ W} = 2 \text{ W}$,

电源的总功率为: $P_{\text{总}} = EI = 3 \times 1 \text{ W} = 3 \text{ W}$

所以效率为: $\eta = \frac{P}{P_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{2}{3} \times 100\% = 66.7\%$ 。

13. AD

【解析】阴影部分的面积为路端电压与电流的乘积,为电源的输出功率,故 A 正确,B 错误。

当满足 $\alpha = \beta$ 时,内外阻相等,输出功率最大,但电源的效率为 50% ,不是最高,故 C 错误,D 正确。

14. B

【解析】A. 只减小 R_1 ,电路中电流增大,电源的内电压和 R_1 的电压都增大,由闭合电路欧姆定律得知, R_2 、 R_3 的电压都增大,则两个电容器的电压都增大,电量都增大,不符合题意,故 A 错误。

B. 只减小 R_2 ,电路中电流增大,电源的内电压和 R_1 的电压都增大,由闭合电路欧姆定律得知, R_2 的电压减小, R_2 、 R_3 的串联总电压减小,则两个电容器的电压都减小,电量都减

小,符合题意,故 B 正确。

C. 只减小 R_3 , 电路中电流增大, 电源的内电压和 R_1 的电压都增大, 由闭合电路欧姆定律得知, R_2 的电压增大, R_2 、 R_3 的串联总电压减小, 则 C_1 的电量增大, C_2 的电量减小, 不符合题意, 故 C 错误。

D. 只减小 R_4 , 电路中电流和电压不改变, 所以电容器的电压和电量都不改变, 故 D 错误。

15. B

【解析】当原来断开的开关 K 闭合后, 电路中电阻减小, 总电流增大, R_1 两端的电压增大, 因 O 点接地, A 点的电势比 O 点的电势高, 所以 A 点的电势升高。

因 R_1 的电压和内电压均增大, OB 间的电压减小, 而 B 点的电势低于 O 点的电势, 故 B 点电势升高; 故 B 正确。

16. A

【解析】闭合开关 S 后, 将滑动变阻器滑片 P 向左移动时, 变阻器接入电路的电阻增大, 根据闭合电路欧姆定律得知, 电路中总电流 I 减小, 则小灯泡 L 变暗, 电流表 A 的示数变小。电压表的示数 $U = E - I(R_L + r)$, I 减小, 其他量不变, 则 U 增大, 即电压表 V 的示数变大, 故 A 正确, B 错误。

电容器的电压等于变阻器两端的电压, 即等于电压表的示数, U 增大, 由 $Q = CU$, 知电容器 C 上的电荷量增大, 故 C 错误。

电源的总功率 $P = EI$, I 减小, 则电源的总功率变小, 故 D 错误。

17. ACD

【解析】A、C. 由图可知 R_1 与 R_2 串联, V_1 测 R_1 两端的电压, V_2 测 R_2 两端的电压。

若 P 向左端移动, 则滑动变阻器接入电阻减小, 由闭合电路欧姆定律可知, 电路中总电流 I 增大, 则内电压增大, R_1 两端的电压 U_1 增大, 路端电压减小, 故 R_2 两端的电压 U_2 减小。 U_1 改变量的绝对值小于 U_2 改变量的绝对值, 故 A 正确, C 正确。

B、D. 若 P 向右端移动, 则滑动变阻器接入电阻增加, 由闭合电路欧姆定律可知, 电路中总电流 I 减小, 则内电压减小, R_1 两端的电压 U_1 减小, 路端电压增加, 故 R_2 两端的电压 U_2 增加。 U_1 改变量的绝对值小于 U_2 改变量的绝对值, 故 B 错误, D 正确。

18. B

【解析】∵ 滑动变阻器 R 与电阻 R_1 并联, 再与 R_2 、 R_3 串联, 电压表 V_1 测并联部分电路两端的电压; V_2 测中间定值电阻 R_2 两端的电压。

当滑动变阻器滑片由 B 向 A 移动时, 滑动变阻器的阻值减小, 引起并联电路部分的总电阻变小, 即电压表 V_1 的示数变小, 变化量为 ΔU_1 , 根据串联电路的电阻分压特点可知, 定值电阻 R_2 、 R_3 两端的电压变大。

$$\therefore U_1 = U - U_2 - U_3,$$

$$\therefore \Delta U_1 = \Delta U_2 + \Delta U_3,$$

$$\therefore \Delta U_1 > \Delta U_2,$$

故选 B。

19. D

【解析】设电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 的电压分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 ,

$$\text{则 } U_1:U_2 = R_1:R_2 \quad U_1 + U_2 = E,$$

$$\text{代入解得 } U_1 = \frac{1}{3}E = 4V$$

$$\text{同理, 解得 } U_3 = \frac{2}{3}E = 8V$$

$$\text{则电容器电压 } U = U_3 - U_1 = 4V,$$

$$\text{电量 } Q = CU = 2 \times 10^{-6} \times 4C = 8 \times 10^{-6}C$$

$$20. 4.2 \times 10^{-4}C$$

$$\text{【解析】S 闭合: } U_{C1} = U_{R2} = IR_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} R_2 = 6.0V,$$

$$U_{C2} = 0,$$

$$Q = C_1 U_{C1} = 30 \times 10^{-6} \times 6.0C = 1.8 \times 10^{-4}C,$$

$$Q_2 = C_2 U_{C2} = 0$$

$$\text{S 断开: } U'_{C1} = U'_{C2} = E = 10V, Q'_1 = C_1 U'_{C1}$$

$$= 30 \times 10^{-6} \times 10C = 3.0 \times 10^{-4}C,$$

$$Q'_2 = C_2 U'_{C2} = 3.0 \times 10^{-4}C$$

$$\text{故流过电阻 } R_1 \text{ 的电荷量 } \Delta Q = (Q'_1 - Q_1) + (Q'_2 - Q_2) = 4.2 \times 10^{-4}C.$$

21. AD

【解析】由图可知, R_2 与滑动变阻器 R_4 串联后与 R_3 并联, 再由 R_1 串联接在电源两端; 电容器与 R_3 并联;

当滑片向 b 移动时, 滑动变阻器接入电阻减小, 则电路中总电阻减小; 由闭合电路欧姆定律可知, 电路中电流增大; 路端电压减小, 同时 R_1 两端的电压也增大; 故并联部分的电压减小; 由欧姆定律可知流过 R_3 的电流减小, 则流过并联部分的电流增大, 故电流表示数增大; 故 B 错误。

因并联部分电压减小, 而 R_2 中电压增大, 故电压表示数减小, 故 A 正确。

因电容器两端电压减小, 故电荷受到的向上电场力减小, 则重力大于电场力, 合力向下, 电荷向下运动, 故 C 错误。

因 R_3 两端的电压减小, 由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知, R_3 上消耗的功率减小; 故 D 错误。

22. D

【解析】当 R 的温度等于 20℃ 时, 由乙图读出热敏电阻 $R_1 = 4k\Omega$, 此时电流表示数 $I_1 = 2mA$, 根据闭合电路欧姆定律得

$$E = I_1(R_1 + R_g + r), \text{ 得到 } R_g = \frac{E}{I_1} - R_1 - r = 10^3\Omega$$

当电流表的示数 $I_2 = 3.0mA$ 时, 由闭合电路欧姆定律求出热敏电阻 $R_2 = \frac{E}{I_2} - R_g - r = 2k\Omega$

由乙图读出, 温度为 120℃。

23. C

【解析】A. 电源的效率 $\eta = \frac{P_{出}}{P_{总}} = \frac{UI}{EI} = \frac{R}{R+r}$, 由闭合电路欧姆定律 $U = E - Ir$ 可知, a 电源的内阻 r 较小, R 接到 a 电源

上,电源的效率较高,故 A 错误。

B. 当电阻 R 与电源组成闭合电路时,电阻 R 的 $U-I$ 图线与电源的 $U-I$ 图线的交点表示电阻的工作状态,交点的纵坐标表示电压,横坐标表示电流,电源的输出功率 $P = UI$,由图看出, R 接到 a 电源上,电压与电流的乘积较大,电源的输出功率较大,由图知 R 接到 a 电源上时电流大,则电阻的发热功率较大,电源的效率较高,故 BD 错误,C 正确。

24. AD

【解析】当滑动变阻器的滑动触头 P 从 a 端滑到 b 端的过程中,总电阻先增大后减小,电源的电动势和内阻不变,根据闭合电路欧姆定律,总电流先减小后增大,则内电压先减小后增大,外电压先增大后减小,故 A 正确,B 错误。

电压表读数 U 与电流表读数 I 的比值 $\frac{U}{I}$ 表示外电阻,外电阻先增大后减小,故 C 错误。

因为内外电压之和不变,所以外电压的变化量的绝对值和内电压变化量的绝对值相等。所以 $\frac{\Delta U}{\Delta I} = r$,故 D 正确。

25. C

【解析】由闭合电路欧姆定律可知,电路电流 $I = \frac{E}{r + R + R_{\text{传感器}} + R_0}$,电压表示数 $U = IR_0 = \frac{ER_0}{r + R + R_{\text{传感器}} + R_0}$ 。

A. 传感器的电阻 $R_{\text{传感器}}$ 与酒精气体的浓度 c 成反比,酒精浓度 c 越大, $R_{\text{传感器}}$ 越小,电压表示数 U 越大,即 U 越大, c 越大,故 AB 错误。

C. 由 A 的分析可知, U 越大 c 越大,由 $U = \frac{ER_0}{r + R + R_{\text{传感器}} + R_0}$ 可知, U 与 $R_{\text{传感器}}$ 不成反比, $R_{\text{传感器}}$ 与 c 成反比,则 U 与 c 不成正比,故 C 正确,D 错误。

26. BCD

【解析】略

27. 开关 S 闭合时,电动机输出的机械功率为 1.5 W

【解析】当开关 S 断开时

由 $P_1 = I_1^2 R_1$,得 $I_1 = 0.6 \text{ A}$

当开关 S 闭合时

由 $P_2 = I_2^2 R_1$,得 $I_2 = 0.5 \text{ A}$

R_1 的电压 $U = I_2 R_1 = 4 \text{ V}$

设干路中电流为 I

则 $I = \frac{E - U}{r} = 1 \text{ A}$,电动机的电流 $I_M = I - I_2 = 0.5 \text{ A}$ 。

故电动机的机械功率为 $P = UI_M - I_M^2 R_0 = 1.5 \text{ W}$ 。

28. (1) 该电池的电动势 E 为 2 V,内阻 r 为 0.5 Ω

(2) 该电池的输出功率最大时对应的外电阻 R 为 0.5 Ω

(3) 同一输出功率 P 时, r 、 R_1 、 R_2 三者间的关系为 $r^2 = R_1 R_2$

【解析】(1) $I_1 = 2 \text{ A}$ 时, $P_m = \frac{E^2}{4r}$

$I_2 = 4 \text{ A}$ 时,输出功率为零,此时电源被短路,

即 $I_2 = \frac{E}{r}$,解得: $E = 2 \text{ V}$, $r = 0.5 \Omega$ 。

(2) $R = r = 0.5 \Omega$ 。

(3) 由题知: $\left(\frac{E}{R_1 + r}\right)^2 R_1 = \left(\frac{E}{R_2 + r}\right)^2 R_2$

整理得 $r^2 = R_1 R_2$ 。

29. B

【解析】电动机不启动时,灯泡的电压为电源路端电压,设为 U_L ,电动机启动后灯泡电压仍为路端电压,设为 U_L' 。

由欧姆定律得 $I = \frac{E}{R + r}$ 求得 $R = 1.2 \Omega$,灯泡消耗功率为 $P_L = EI - I^2 r = 120 \text{ W}$;

电动机启动后,路端电压 $U_L' = E - I' r = 9.6 \text{ V}$,灯泡消耗电功率为 $P_L' = \frac{U_L'^2}{R} = \frac{9.6^2}{1.2} \text{ W} = 76.8 \text{ W}$ 。

所以灯泡功率降低了 $\Delta P = 120 \text{ W} - 76.8 \text{ W} = 43.2 \text{ W}$

30. A

【解析】滑片下移,则滑动变阻器接入电阻减小,则总电阻减小,电路中总电流增大,内阻两端电压增大,则由闭合电路欧姆定律可知,电路的路端电压减小,故电压表示数减小;

由欧姆定律可知, R_1 上的分压增大,故并联部分电压减小,即可知电流表示数减小,故 A 正确,BCD 错误。

31. ACD

【解析】A. 据题理想电压表内阻无穷大,相当于断路;理想电流表内阻为零,相当于短路,所以 R 与变阻器串联,电压表 V_1 、 V_2 、 V_3 分别测量 R 、路端电压和变阻器两端的电压。

当滑动变阻器滑片向下滑动时,接入电路的电阻减小,电路中电流增大,则 A 的示数增大,故 A 正确。

B. 电路中电流增大,电源的内电压增大,则路端电压减小,所以 V_2 的示数减小,故 B 错误。

C. 根据闭合电路欧姆定律得: $U_3 = E - I(R + r)$,则得: $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = R + r > r$,则 ΔV_3 与 ΔI 的比值大于 r ,故 C 正确。

D. 根据闭合电路欧姆定律得: $U_2 = E - Ir$,则得: $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = r$;
 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = R$,据题: $R > r$,则 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} > \frac{\Delta U_2}{\Delta I}$,故 ΔV_1 大于 ΔV_2 ,故 D 正确。

32. D

【解析】系统在水平面内以角速度 ω 转动时,无论角速度增大还是减小,BC 的电阻不变,根据闭合电路欧姆定律得知,电路中电流保持不变,与角速度无关,故 AB 错误。

设系统在水平面内以角速度 ω 转动时,弹簧伸长的长度为 x ,则对元件 A,根据牛顿第二定律得

$$kx = m\omega^2(L + x) \text{ 又输出电压 } U = \frac{R_{BP}}{R_{BC}}E = \frac{x}{L}E$$

联立两式得 $U = \frac{m\omega^2 E}{k - m\omega^2}$,故 C 错误,D 正确。

33. C

【解析】当开关闭合后,灯泡 L_1 的电压 $U_1 = 3 \text{ V}$,由图读出其电流 $I_1 = 1 \text{ A}$,则灯泡 L_1 的电阻 $R_1 = 3 \Omega$,灯泡 L_2 、 L_3 串联,电压 $U_2 = U_3 = 1.5 \text{ V}$,由图读出其电流 $I_2 = I_3 = 0.80 \text{ A}$,故 A

错误。

灯泡 L_2 、 L_3 的电阻均为 $R_2 = \frac{1.5}{0.8} = 1.875\Omega$, 故 B 错误。

L_3 的电功率 $P = UI = 1.5 \times 0.8 = 1.2\text{W}$, L_2 和 L_3 的总电功率为 2.4W , C 正确, D 错误。

34. A

【解析】没有发生故障前, 等效电路如图 25 所示。

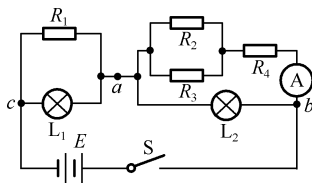


图 25

A. 若 R_1 断路, 总外电阻变大, 总电流减小, 路端电压变大, L_1 两端电压变大, L_1 变亮; ab 部分电路结构没变, 电流仍按原比例分配, 总电流减小, 通过 L_2 、 R_4 的电流都减小, L_2 变暗, 符合题意, 故 A 正确。

B. 若 R_2 断路, 总电阻变大, 总电流减小, ac 部分电路结构没变, 电流仍按原比例分配, R_1 、 L_1 中电流都减小, L_1 变暗, 与题意相矛盾, 故 B 错误。

C. 若 R_3 短路或 R_4 短路, 总电阻减小, 总电流增大, 电流表 A 中电流变大, 与题意相矛盾, 故 CD 错误。



第八节 多用电表原理及

实验: 练习使用多用电表

1. B

【解析】A. 测量前必须进行欧姆调零, 且每一次换挡后都要重新调零, 故 A 正确。

B. 人是导体, 人与导体接触时, 人与导体并联, 并联阻值小于电阻阻值, 用欧姆表测电阻时, 不应用两手将表笔和待测电阻两端捏紧, 故 B 错误。

C. 测量电路中的电阻时, 要将待测电阻与其他元件断开, 故 C 正确。

D. 多用电表使用完毕, 应将选择开关旋到“OFF”或交流电压最高挡, 故 D 正确。

2. A

【解析】A. 欧姆表的表盘只有一排刻度, 选每一挡测量范围都是 0 到 ∞ , 故 A 正确。

B. 红表笔与表内电池负极相连, 黑表笔与表内电池正极相连, 故 B 错误。

C. “ ∞ ”刻度一般在刻度盘的左端, 故 C 错误。

D. 用欧姆表测量电阻时, 指针靠近中央附近误差较小, 故 D 错误。

3. B

【解析】用多用表测量电阻时, 流经多用表的电流由内电路提供, 红表笔与内部电源的负极相连; 用多用表测电压时, 电流由外部电源提供, 总之无论是测电压 U 还是测电阻 R , 电流都是从红表笔流入多用表, 从黑表笔流出多用电

表, 故 B 正确。

4. A

【解析】正极插孔接电源的负极, 所以 BC 错误; 每次换挡时都要进行短接调零, 所以电阻要可调节, 故 A 正确, D 错误。

5. 14.0, 53.0, 4.6

【解析】略

6. D、B、E、F、G

【解析】先测 13Ω 的电阻, 然后再测阻值约为 $2\text{k}\Omega$ 的电阻, 应把选择开关置于“ $\times 100\Omega$ ”挡, 然后进行欧姆调零, 再测电阻, 电阻测量完毕后, 要把选择开关置于 OFF 挡, 则正确的实验步骤为: D、B、E、F、G。

7. BC

【解析】由欧姆表的内部结构可知, 测电阻的时候, 欧姆表电流是从黑表笔流出, 从红表笔流入;

A、B. 由于甲图二极管通的是正向电流, 故甲图是测量二极管正向电阻, 故 A 错误, B 正确。

C、D. 乙图二极管通的是反向电流, 故乙图是测二极管反向电阻, 故 C 正确, D 错误。

8. BD

【解析】因为欧姆表的零刻度在表盘的右侧, 用“ $\times 10$ ”挡测量一个电阻的阻值, 发现表针偏转角度极小, 由此知电阻阻值很大, 为准确测量电阻阻值, 需换用大挡, 即“ $\times 100$ ”挡, 重新测量, 故 AC 错误, BD 正确。

9. A

【解析】用电压挡检测其量程要大于 6V , 故 A 正确, C 错误。

用电流挡要用较大量程, 所给 B 中的 0.5A 太小, 故 B 错误。

用欧姆挡要把电源断开, 本题操作没有, 故 D 错误。

10. C

【解析】A. 由图乙所示可知, 灯泡串联在闭合电路中, 不能用多用电表测灯泡电阻, 如果用多用电表测灯泡电阻, 应把灯泡与其他电路元件断开, 故 A 错误。

B. 由图乙所示可知, 电源为直流电源, 应该用直流电压挡测灯泡两端电压, 故 B 错误。

C. 若选择开关拨到“V”挡的 2.5 处, 可测量小灯泡两端的电压, 故 C 正确。

D. 若选择开关拨到“mA”挡的 250 处, 要测量小灯泡中的电流, 多用电表应串联接入电路, 不能与灯泡并联, 故 D 错误。

11. A

【解析】欧姆调零时: $I_g = \frac{E}{R_{\text{内}}} = 0.003\text{A}$,

测 500Ω 电阻时: $\frac{1}{2}I_g = 0.0015\text{A} = \frac{E}{R_{\text{内}} + 500\Omega}$,

测未知电阻时: $I = 0.001\text{A} = \frac{E}{R_{\text{内}} + R}$,

解得: $R = 1000\Omega$

12. (1) 1.2×10^4 ; 零

(2) 欧姆调零

(3) 小

【解析】(1) 当红黑表笔短接时, 电流表的电流达满偏值是 125 微安, 而电池的电动势是 1.5 伏, 所以总电阻为 $1.2 \times 10^4 \Omega$ 。当电流表达到半偏时, 红黑表间接入的电阻为 $1.2 \times 10^4 \Omega$ 。当电流表满偏时, 电流达最大, 而红黑表笔间的电阻为零, 所以表盘零刻度在右端。

(2) 每当换挡后, 则表内电阻发生变化, 所以须重新欧姆调零, 这样才使刻度盘的值与电流值相符。

(3) 如果表的指针偏转角度过大, 则说明电阻太小, 而且不准确。所以将倍率调小, 使指针偏转在中间附近。

13. 红 5 变大

【解析】欧姆表是电流表改装的, 必须满足电流的方向“+”进“-”出, 即回路中电流从标有“+”标志的红表笔进去, 所以与 A 相连的表笔颜色是红色。

当两表笔短接 (即 $R_x = 0$) 时, 电流表应调至满偏电流 I_g , 设此时欧姆表的内阻为 $R_{内}$, 此时由公式 $I_g = \frac{E}{R_{内}}$, 得 $R_{内} = \frac{E}{I_g} = 5k\Omega$;

当指针指在刻度盘的正中央时 $I = \frac{I_g}{2}$, 有 $\frac{I_g}{2} = \frac{E}{R_{内} + R_x}$, 代入数据可得 $R_x = R_{内} = 5k\Omega$;

当电池电动势变小、内阻变大时, 欧姆得重新调零, 由于满偏电流 I_g 不变, 由公式 $I_g = \frac{E}{R_{内}}$, 欧姆表内阻 $R_{内}$ 得调小,

待测电阻的测量值是通过电流表的示数体现出来的, 由 $I = \frac{E}{R_{内} + R_x} = \frac{I_g R_{内}}{R_{内} + R_x} = \frac{I_g}{1 + \frac{R_x}{R_{内}}}$, 可知当 $R_{内}$ 变小时, I 变小, 指针跟原来的位置相比偏左了, 欧姆表的示数变大了。

14. (1) c、a、b、e, 30k

(2) A、C

【解析】(1) 测量几十 k Ω 的电阻 R_x 我们一般选择较大的挡位先粗测, 使用前应先进行调零, 然后依据欧姆表的示数, 在更换挡位, 重新调零, 在进行测量; 使用完毕应将选择开关置于 OFF 位置或者交流电压最大挡, 拔出表笔。欧姆表的示数乘以相应挡位的倍率即为待测电阻的阻值 30k Ω 。

(2) 欧姆挡更换规律“大小, 小大”, 即当指针偏角较大时, 表明待测电阻较小, 应换较小的挡位; 反之应换较大的挡位。电流总是从红表笔流入从黑表笔流出多用电表, 每次换挡一定要进行欧姆调零, 测量电阻一定要断电作业。

15. (1) 11.5V, 蓄电池; (2) 小灯泡

【解析】(1) 量程为 50V, 故最小刻度为 1V, 故读数为 11.5V;

电压表测量是路端电压, 接进电源的电动势, 说明蓄电池正常。

(2) 闭合开关后, 多用表指示读数等于路端电压, 说明小灯泡断路。

16. C

【解析】设原来满偏电流为 I_g , 中值电阻为 R_{x0} , 换用甲乙两表头后的中值电阻分别为 R_{x1} , R_{x2} 。

对于原来表头, 根据闭合电路欧姆定律得:

$$I_g = \frac{E}{R_g + R_0 + r}$$

$$\frac{1}{2} I_g = \frac{E}{R_g + R_0 + r + R_{x0}}$$

$$\text{联立可得: } R_{x0} = \frac{E}{I_g}$$

换用甲表头后, 由闭合电路欧姆定律得:

$$2I_g = \frac{E}{R_g + R_{01} + r}$$

$$I_g = \frac{E}{R_g + R_{01} + r + R_{x1}}$$

$$\text{联立解得: } R_{x1} = \frac{E}{2I_g}$$

$$\text{则得: } R_{x1} = \frac{1}{2} R_{x0} = \frac{1}{2} \times 100\Omega = 50\Omega$$

换用乙表头, 由闭合电路欧姆定律得:

$$I_g = \frac{E}{2R_g + R_{02} + r}$$

$$\frac{1}{2} I_g = \frac{E}{2R_g + R_{02} + r + R_{x2}}$$

$$\text{联立解得: } R_{x2} = \frac{E}{I_g} = R_{x0} = 100\Omega。$$



第九节 实验: 测定电池的电动势和内阻

1. A

【解析】内阻较大的干电池性能稳定, 所测得的数据也便于作图处理。

2. D

【解析】A. 测定电源的电动势和内阻的原理是闭合电路欧姆定律 $E = U + Ir$, 用电压表测量路端电压 U 、用电流表测量电流 I , 利用滑动变阻器调节外电阻, 改变路端电压和电流, 实现多次测量, 即由一个电压表、一个电流表和一个滑动变阻器组合利用闭合电路的欧姆定律列方程得出电源的电动势和内阻。

可以在没有电压表的情况下, 用一个电流表和一个电阻箱组合测量, 电阻箱可以读出阻值, 由 $U = IR$ 可求出路端电压, 故 AB 正确。

C. 也可以用电压表和电阻箱组合, 由电压表读数 U 与电阻箱读数 R 之比求出电流, 故 C 正确。

D. 只能测出电路中的电流, 不能测量电压, 因而不能测出电源的电动势和内电阻, 故 D 错误。

3. CF

【解析】由图示可得, 电压表测路端电压, 但由于电压表的分流作用, 使电流表的测量值小于真实值; 实验误差是由于电压表的分流造成的。

当外电路短路时, 电压表不分流, 故短路电流相同; 而测量的电流值要小于真实值; 故作出测量值和真实值的图像如

图 26 所示。

由图可知,伏安法测电阻相对于电源来说采用电流表外接法,由于电压表分流作用,电流表测量值偏小,当外电路短路时,电流测量值等于真实值,电源的 $U-I$ 图像如图 26 所示,由图像可知,电动势测量值小于真实值,电源内阻测量值小于真实值,故 CF 正确,ABDE 错误。

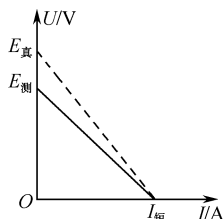


图 26

4. 丁;乙;甲;丙

【解析】由图甲所示电路可知,电流表接在电源两端,电源被短路,电路电流很大,电流表被烧坏,故甲图会出现(3)所述情况。

由图乙所示电路可知,电压表串联接入电路,电路断路,电流表示数为零,电压表示数等于电源电动势,移动滑片,电流表示数为零,电压表示数不变,对应(2)所述情况。

由图丙所示电路图可知,滑动变阻器阻值全部接入电路,电压表测滑动变阻器左半部分电压,移动滑片,滑动变阻器接入电路的阻值不变,电路电流不变,电流表示数不变,移动滑片时,与电压表并联的滑动变阻器部分电压变化,电压表示数发生变化,电路会出现(4)所述情况。

由图丁所示电路可知,电压表与电流表并联,电压表被短路,电压表示数为零,移动滑片,电路总电阻变化,电路电流变化,电流表示数变化,电压表示数始终为零,会出现(1)所述情况。

5. 没有误差;偏大;电流表有内阻

【解析】先求出测量值的表达式:设电动势为 E ,内阻为 r ,

由闭合电路欧姆定律 $E = IR + Ir$ 得:

$$E = I_1(R_1 + r) \cdots \textcircled{1}$$

$$E = I_2(R_2 + r) \cdots \textcircled{2}$$

联立①②解得:

$$E = \frac{I_1 I_2 (R_1 - R_2)}{I_2 - I_1}, r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$$

再求出真实值的表达式:

设电流表的内阻为 R_A ,电源的电动势和内阻真实值分别为 E' 和 r' ,则有:

$$E = I_1(R_1 + R_A + r) \cdots \textcircled{3}$$

$$E = I_2(R_2 + R_A + r) \cdots \textcircled{4}$$

$$\text{联立③④解得: } E' = \frac{I_1 I_2 (R_1 - R_2)}{I_2 - I_1}, r' = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} - R_A,$$

分析以上数据可知: $E = E'$, $r > r'$,即电动势的测量值等于真实值,电源内阻的测量值大于真实值。

6. 6V, 1Ω

【解析】由闭合电路欧姆定律: $E = U_1 + \frac{U_1}{R_1} r$

$$E = U_2 + \frac{U_2}{R_2} r$$

联立上式并代入数据解得:

$$E = 6V, r = 1\Omega$$

$$7. \frac{U_1 I_2 - I_1 U_2}{I_2 - I_1}, \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} - R$$

【解析】(1) 本实验采用限流接法,即将滑动变阻器、电源、电流表串联;电压表并联在电源两端;本题由于电源电压较大,故应加入保护电阻;答案如图 27 所示;

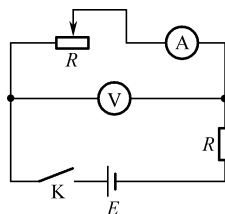


图 27

(2) 由闭合电路欧姆定律可知:

$$U_1 = E - I_1 r'$$

$$U_2 = E - I_2 r'$$

$$\text{联立解得: } E = \frac{U_1 I_2 - I_1 U_2}{I_2 - I_1}; r' = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

由于 r' 中含有保护电阻,故电源的电阻应为: $r = r' - R =$

$$\frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} - R.$$

8. B

【解析】A. 电源的电动势为 6V,内阻为 0.5Ω。在 A 电路中,外电阻为 1Ω,则总电阻为 1.5Ω,根据闭合电路欧姆定律,总电流为 4A,则外电压为 4V,故 A 错误。

B. 在 B 电路中,外电阻为 2Ω,则总电阻为 2.5Ω,根据闭合电路欧姆定律,总电流为 2.4A,则外电压为 4.8V,故 B 正确。

C. 在 C 电路中,外电阻为 9Ω。则总电阻为 9.5Ω,根据闭合电路欧姆定律,总电流为 $\frac{12}{19}$ A,则外电压为 $\frac{108}{19}$ V,故 C 错误。

D. 在 D 电路中,外电阻为 4.5Ω,则总电阻为 5Ω,根据闭合电路欧姆定律,总电流为 1.2A,则外电压为 5.4V,故 D 错误。

9. 电压表应该选 B(填 A 或 B),这是因为 A 电压表量程太大,误差大;

变阻器应该选 A(填 A 或 B),这是因为 B 变阻器不便调节

【解析】电源电动势只有 1.5V,而题目中只有 3V 和 15V 两种电压表,为了测量的准确,应选取 B 电压表;因电源电动势较小,故滑动变阻器应选 A,这是因为 B 阻值太大,不便于调节。

10. 见解析

【解析】本题提供了两只定值电阻及开关、导线等,要求测量电池的电动势,这是一个设计性实验,原理是利用闭合电路欧姆定律 $E = I(R_{\text{外}} + r) = I(R + R_A + r)$,只需改变 R 测两次电流的值便可求出电动势 E 的值。但应注意:改变 R 时, R 的阻值不能过小,防止电流过大,超过电流表的量程,本题如将 R_2 接入电路或 R_1 和 R_2 并联后接入电路,经估算会超过电流表的量程,故第一次把 R_1 接入电路,第二次把 R_1 、 R_2 串联后接入电路,实现 R 的两次改变。

故(1)原理图如图 28 所示;

(2)由 $E = I_1(R_1 + R_A + r)$, $E = I_2(R_2 + R_1 + R_A + r)$ 可求出

$$E = \frac{I_1 I_2}{(I_1 - I_2)} R_2$$

I_1 是外电阻为 R_1 时的电流, I_2 是外电阻为 R_1 和 R_2 串联时的电流。

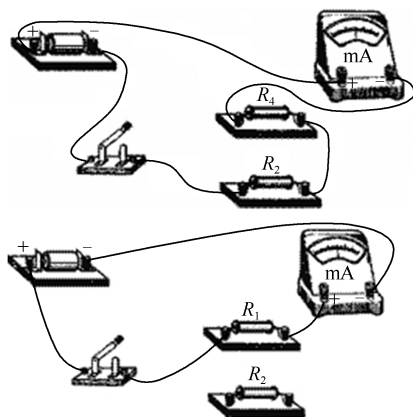


图 28

11. (1) 电路原理图如图 29 所示;

(2) 定值电阻在电路中消耗的功率会超过 $\frac{1}{8}$ W, R_2 的功率满足实验要求;

(3) 50; (4) 电压表分流

【解析】(1) 应用伏安法测电源电动势与内阻,电压表测路端电压,电流表测电路电流,电路图如图 29 所示:

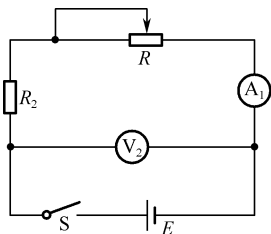


图 29

(2) 定值电阻 R_1 在电路中的最大功率: $P_1 = I^2 R_1 = (0.05)^2 \times 200 = 0.5 \text{ W} > \frac{1}{8} \text{ W}$,

定值电阻 R_2 在电路中的最大功率: $P_2 = I^2 R_2 = (0.05)^2 \times 220 = 0.55 \text{ W} < 1 \text{ W}$,

为保护电路安全,则定值电阻应选择 R_2 。

(3) 由图示图像可知,电源内阻 $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{7.50 - 7.00}{0.034 - 0.024} = 50 \Omega$;

(4) 由实验电路图可知,相对于电源电流表采用外接法,由于电压表的分流作用,电流表所测电流小于电路电流,电压表分流是造成系统误差的原因。

12. (1) 甲

(2) B; C

(3) 如图 30 所示

(4) 1.5; 0.83

(5) C

【解析】(1) 干电池内阻较小,为减小实验误差,应选甲所示电路图。

(2) 一节干电池电动势约为 1.5 V,则电压表应选 B,为方便实验操作,滑动变阻器应选 C。

(3) 根据表中实验数据在坐标系内描出对应点,然后作出电源的 $U-I$ 图像,如图 30 所示。

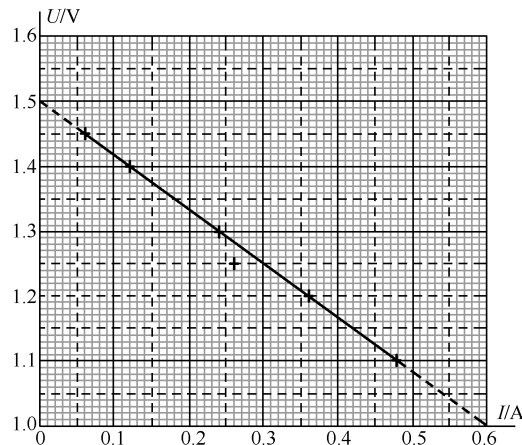


图 30

(4) 由图示电源 $U-I$ 图像可知,图像与纵轴交点坐标值是 1.5,则电源电动势 $E = 1.5 \text{ V}$,电源内阻: $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.5 - 1.0}{0.6} \approx 0.83 \Omega$;

(5) 电压表测量路端电压,其示数随滑动变阻器的阻值增大而增大;而当内阻和外阻相等时,输出功率最大;此时输出电压为电动势的一半。外电路断开时,路端电压等于电源的电动势,此时输出功率为零,故符合条件的图像应为 C。

13. 【答案】(1) 串联; 1985

(2) 如图 31(1) 所示

(3) 如图 31(2) 所示

(4) 3.80 (填 3.75 至 3.85 均给分), 470 (填 458 至 475 均给分)

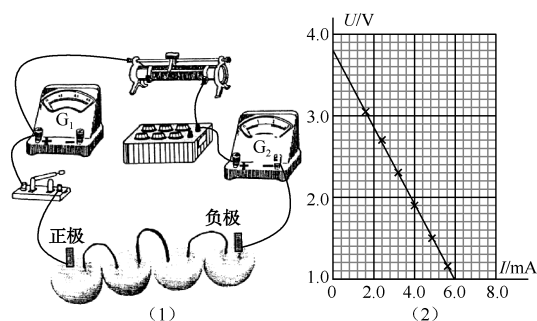


图 31

【解析】(1) 串联的电阻大小为 $R = \frac{U}{I_A} - R_1 = \frac{4V}{2 \times 10^{-3}A} - 15\Omega = 1985\Omega$ 。

(2) 连线时注意电表的正负极, 滑动变阻器的接法。

(3) 作图时注意数据点要均匀分布在直线两边。

(4) 图线在纵轴上的截距为电源电动势的大小, 故 $E = 3.80V$, 内阻为 $r = \frac{3.80V - 1.00V}{6.0 \times 10^{-3}A} = 467\Omega$

14. (1) 80.0; (2) 如图 32 所示; (3) 0.0045, 1.48

【解析】(1) 第 4 个点明显和其余点不在一条直线上, 故应该剔除。

(2) 如图 32 所示;

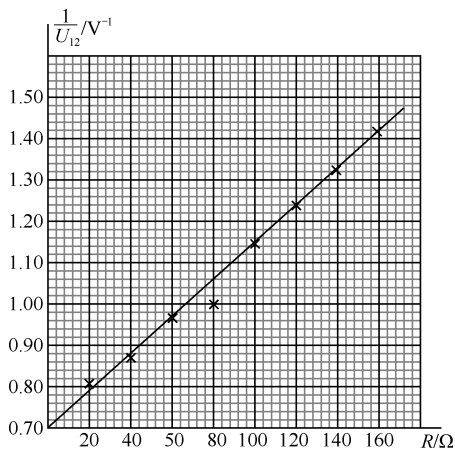


图 32

(3) 根据闭合电路欧姆定律, 有: $E = U_{12} + \frac{U_{12}}{R_0} \cdot (R + r_x)$, 变形得: $\frac{1}{U_{12}} = \frac{1}{ER_0} \cdot R + \left(1 + \frac{r_x}{R_0}\right) \frac{1}{E}$;

斜率为: $\frac{1.40 - 0.70}{156} \approx 0.0045 = \frac{1}{ER_0}$;

故: $E = \frac{1}{0.0045 \times R_0} = \frac{1}{0.0045 \times 150} \approx 1.48V$ 。

15. (1) 2; 0.5; (2) 小于

【解析】(1) 根据 $E = U + \frac{U}{R}r$, 得:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R}$$

图像 a, 截距 $b = 0.5 = \frac{1}{E}$, 斜率 $k = 0.25 = \frac{r}{E}$,

故电动势 $E = \frac{1}{b} = 2V$,

内电阻 $r = E \cdot k = 0.5\Omega$;

(2) 如图 33 所示, 在伏安特性曲线中, 图像的截距为电源电动势的倒数, 从图像可知 a 的截距大于 b 的截距, 故 $E_a < E_b$ 。图像的斜率表示 $\frac{r}{E}$, 而 a 的斜率大于 b 的斜率, 而 $r = kE$, 由图中标度, 可近似得出, b 的截距约为 0.2; 则电动势约为 5V; 斜率约为 $\frac{2}{15}$; 则内阻约为 $\frac{2}{3}$; 故 $E_a < E_b$, $r_a < r_b$, 近似作出伏安特性曲线, 电阻的曲线与两电源的交点为电阻的工作点; 则由图可知, 图中交点的电压与电流的乘积为电源的输出功率; 则电源的输出功率 $P_a < P_b$ 。

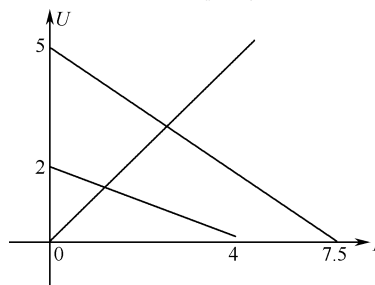


图 33

16. (1) 最大值; (2) 2; (3) $\frac{1}{kR_0}, \frac{b}{k} - R_0$

【解析】(1) 电路为限流接法, 开始时让电流最小, 然后再逐渐增大, 故开始时滑动变阻器应达到最大值处。

(2) 对比两方案可知, 方案 1 中电阻箱电阻较大, 而 R_0 的阻值只有 10Ω , 故在调节电阻箱时, 电流的变化不明显, 误差较大; 而方案 2 中电阻箱的阻值与 R_0 相差不大, 可以测出相差较大的多组数据, 故方案 2 更合理。

(3) 由闭合电路欧姆定律可得: $U = \frac{E}{R_0 + R + r} R_0$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{R}{ER_0} + \frac{r}{ER_0}$$

由函数知识可知, 图像的斜率 $k = \frac{1}{ER_0}$;

故 $E = \frac{1}{kR_0}$;

图像与纵坐标的交点 $b = \frac{1}{E} + \frac{r}{ER_0}$;

$$r = \frac{b}{k} - R_0$$

17. (1) 如图 34 所示; (2) b; (3) 如图 35 所示; (4) 1.49; 0.60; (5) 2.4

【解析】

①由原理图可知, 电路为基本的限流接法, 故按原理图串联即可; 连线如图 34 所示。

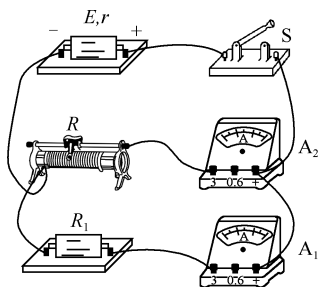


图 34

②为保证安全,开始时滑动变阻器应接到最大值,故应接 b 端。

③将各点依次描出,连线如图 35 所示。

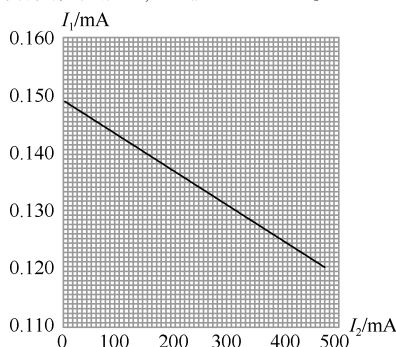


图 35

④ A_1 与 R_1 串联,充当电压表,则根据 A_1 的示数可求得电源的路端电压;故可将 A_1 的示数与电阻的乘积作为电压使用,将 I_1-I_2 图像等效为 $U-I$ 图像;由 $U=E-IR$ 可知; $U-I$ 图像与纵坐标的交点为电源的电动势,由欧姆定律可知,电动势为 $0.149 \times 1000 = 1.49V$ (在 $1.48 \sim 1.50$ 范围内同样给分)

图像的斜率为电源的内阻,故内阻约为 0.60Ω (在 $0.55 \sim 0.65$ 范围内同样给分)

⑤当外电阻为零时,为短路电流,故短路电流为:

$$\frac{1.49}{0.60} = 2.4 (2.3 \sim 2.7 \text{ 范围内同样给分})$$

18. (1) 0.2 ; (2) 小于; (3) $2.84; 2.36$

【解析】(1) 由实验步骤可知,实验采用半偏法测电流表内阻,由实验步骤可知,滑动变阻器阻值不变,电流表半偏,电阻箱阻值与电流表内阻相等,则电流表内阻为 0.20Ω 。

(2) 开关 S 接到 C 点上,调节电阻箱 R ,时整个电路总电阻变小,电路电流增大,电流表的读数为满偏时的一半,流过电阻箱电流大于满偏电流的一半,电阻箱阻值小于电流表内阻,认为电流表内阻等于电阻箱阻值,则电流表测量值小于真实值。

(3) 由电路图可知,在闭合电路中 $E = I(R + r + R_g)$, $\frac{1}{I} = \frac{r + R_g}{E} + \frac{1}{E}R$,由图示图像可知, $k = \frac{1}{E} = \frac{\Delta \frac{1}{I}}{\Delta R} = \frac{4 - 0.9}{8.8} = \frac{31}{88}$, 电源电动势 $E \approx 2.84V$, $b = \frac{r + R_g}{E} = 0.9$, $r = bE - R_g = 0.9$

$\times 2.84 - 0.2 \approx 2.36\Omega$ 。

19. (1) C; (2) $2.8, 2$; (3) D, 3

【解析】(1) 应用伏安法测电源电动势与内阻实验,电压表应测路端电压,由图(a)所示电路图可知,导线应接在 C 点。

(2) 由图(b)中的直线 I 所示电源 $U-I$ 图像可知,图像与纵轴交点坐标值是 2.8 ,则电源电动势 $E = 2.8V$,电源内阻 $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2.8}{1.4} = 2\Omega$ 。

(3) 可以把定值电阻与电源组成的整体作为等效电源,测出等效电源的内阻,然后求出定值电阻阻值,由图(a)所示电路图可知。

导线应接在 D 点,由(b)中的直线 II 所示可知: $k = R + r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2.8}{0.56} = 5\Omega$,

则定值电阻阻值: $R = k - r = 5 - 2 = 3\Omega$

20. ① 1.0 ; ②如图 36 所示; ③ 1.66 ; 充分利用取得的数据; ④ CD

【解析】① 根据电流表的改装原理, $R_1 = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{100 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3}{0.2 - 100 \times 10^{-6}} \Omega \approx 1.0\Omega$

② 根据电路图连接实物图,注意电表的接线柱以及滑动变阻器的解法,连接图如图 36 所示。

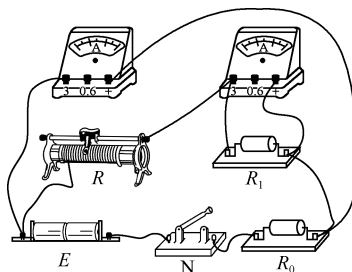


图 36

③ 借鉴“研究匀变速直线运行”实验中计算加速度的方法(逐差法),采用 1 与 5; 2 与 6; 3 与 7; 4 与 8; 两两组合,由 $E = U + I(R_0 + r)$ 得, $\Delta U = \Delta I(R_0 + r)$, 联立求出 E, r , 而后取其平均值可得。

由 $E = U + I(R_0 + r)$ 得, $\Delta U = \Delta I(R_0 + r)$, 故 $r = \frac{\Delta U}{\Delta I} - R_0$,

$$\text{采用 1 与 5 时, } r_1 = \frac{U_1 - U_5}{4\Delta I} - R_0;$$

$$\text{采用 2 与 6 时, } r_1 = \frac{U_2 - U_6}{4\Delta I} - R_0;$$

$$\text{采用 3 与 7 时, } r_1 = \frac{U_3 - U_7}{4\Delta I} - R_0;$$

$$\text{采用 4 与 8 时, } r_1 = \frac{U_4 - U_8}{4\Delta I} - R_0;$$

$$\text{则 } r = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{4} =$$

$$\frac{(U_1 + U_2 + U_3 + U_4) - (U_5 + U_6 + U_7 + U_8)}{16\Delta I} - R_0 = 1.66\Omega;$$

逐差法在数据处理方面体现出的主要优点是充分利用取得的数据。

④A. 如果考虑电压表的内阻,则虚线部分相当于电源, $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 测得的电阻相当于电源 E 的内阻与 R_0 串联后再与电压表内阻并联的阻值,即测得的电阻值偏小,故 A 错误。

B. 滑动变阻器的阻值不会影响 r 的测量结果,故 B 错误。

C. 电表改装时, R_1 的实际阻值比计算值偏小,可导致通过表头的电流偏小,电流表读数偏小,故内阻测量值总量偏大,故 C 正确。

D. 结合电路图,由闭合电路欧姆定律 $E = U + I(R_0 + r)$ 知, R_0 的实际阻值比称标值偏大,可导致内阻测量值总量偏大,故 D 正确。

第十节 简单逻辑电路

1. C

【解析】逻辑电路中“1”和“0”表示电路的两种状态,不表示数字大小,C 正确。

2. A

【解析】只要其中一个常任理事国投反对票,提案就不能通过,即只要一个输入为“0”,输出就为“0”,则该事件是“与”逻辑关系,故 A 正确,B、C、D 错误。

3. C

【解析】模拟信号随时间的变化是连续的,而数字信号随时间的变化可以连续,也可以不连续,故选择 ABD 错误,C 正确。

4. D

【解析】两个门电路为与门,由此可知 ABC 完全输入为 1 时,Y 输出为 1,D 对。

5. A

【解析】“或”逻辑关系的特点是,当事件的某一个条件满足,该事件就能发生。即只要有一个输入信号为 1,输出信号就为 1,所以当都输入为 0 时,输出才为 0,A 正确。

6. C

【解析】不论哪一个开关接通都能使电灯点亮,所满足的关系是“或”逻辑关系,即事件的某一个条件满足,该事件就能发生,故 C 正确,A、B、D 错误。

7. 如表 1 所示

表 1

输入		输出
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

8. A

【解析】将 A、B、C、D 四个门电路分别代入,与门输入端全为“1”,输出端才为“1”,或门输入端只要有“1”,输出端就为“1”。发现 A 正确,B、C、D 错误。

9. D

【解析】B 端输入电信号“1”时,则非门的输出端 D 为“0”,非门的输出端又为与门的输入端,与门的输入端为“1”和“0”,则输出端 C 为“0”,故 D 正确,ABC 错误。

10. C

【解析】A. 为非门,输入高电平,输出低电平,电灯不亮,故 A 错误。

B. 为与门,两个输入端都输入高电平,输出才为高电平,而图中一个输入端输入高电平,另一个输入端输入低电平,则输出为低电平,电灯不亮,故 B 错误。

C. 为或门,只要有一个输入端输入高电平,输出就为高电平,故图中灯会亮,故 C 正确。

D. 为或非门,只要有一个输入端输入高电平,输出就为低电平,图中电灯不亮,故 D 错误。

11. B

【解析】当 B 端输入 1 时,经过非门后输出为 0,则或门的输入端为 1 和 0,故输出为 1,B 正确。

12. D

【解析】由题意要求两个条件同时满足时才会工作,符合与门的特点;而当两开关闭合时输入门电路的为低电平;故输出为低电平;为了得到高电平,应加一非门。

13. A

【解析】当电阻 R_2 受到光照时,其阻值将变得远小于 R_1 ,则 R_2 分压较小,A 点为高电势;该逻辑电路是非门电路;故 L 上端为低电势,灯泡不发光,故 A 正确,BCD 错误。

14. A

【解析】因为白天时,有光照,光敏电阻小,分担的电压小,则输入门电路的电势高,此时路灯不亮,则输出应该为低电势,即输入和输出完全相反。天黑时,光敏电阻大,分担的电压大,则输入门电路的电势低,此时路灯亮,则输出应该为高电势,即输入状态和输出状态完全相反,由此可知门电路为非门,所以选项 A 正确。

第三章 磁场

第一节 磁现象和磁场

1. D

【解析】A. 根据安培分子电流假说,当外界磁场作用后,软铁棒中的分子电流的取向大致相同,两端显示较强的磁体作用,形成磁极,就被磁化了,故 A 错误。

B. 软铁棒中分子电流不会消失,故 B 错误。

C. 是磁化,而不是退磁,故 C 错误。

D. 当外界磁场作用后,分子电流的取向大致相同,两端显示较强的磁体作用,形成磁极,就被磁化了,故 D 正确。

2. B

【解析】A. 在地面上放置一枚小磁针,在没有其他磁场的

影响下静止的小磁针的南极指向地磁场的北极,故 A 错误。

B. 地理北极附近是地磁南极,地理南极附近是地磁北极,故 B 正确。

C、D. 地磁场的磁感线可分解成两个分量,水平分量指向地理北极附近,若在北半球,则竖直分量竖直向下;若是南半球,则是竖直向上,故 CD 都错误。

3. A

【解析】由于地磁场的作用,小磁针会位于南北方向,要能观察到小磁针由于通电导线产生的磁效应而产生的偏转,通电直导线不能放在东西方向,应放置在平行南北方向,并且在小磁针正上方,这样才能观察到小磁针的偏转。

4. A

【解析】A. 地球是一巨大磁体,地磁场的北极在地理的南极附近;而南极在地理的北极附近,故地磁场的方向大致沿经线方向,故 A 正确。

B. 地磁场的方向并不是完全与地面平行,故 B 错误。

C. 地理南极为地磁场北极,地理北极是地磁场南极,故地磁场的方向由南向北,故 C 错误。

D. 由于磁感线由 N 极指向 S 极,故在地磁场南极的上空,地磁场的方向是竖直向下,故 D 错误。

5. D

【解析】A. 司南是最早的磁性指向器,可以指南北, A 正确。

B. 地磁场的 N 极在地理的南极附近,由于异名磁极相互吸引,小磁针的 N 极与地磁场的 S 极(地理的 N 极)吸引,即小磁针的 N 极指向地理的 N 极,可以指南北。

C. 罗盘因为受到地磁场的作用也能够指示南北, C 正确。

D. 验电器用来粗略验证带电的多少,不能指南北, D 错误。

6. B

【解析】磁卡是利用磁条工作;磁性黑板是利用黑板的磁性;电磁起重机是利用电磁体;只有指南针是利用地磁场工作,磁体的 S 极指向南方。

7. D

【解析】电磁起重机、门铃、电磁继电器都用到了电磁铁;而电热毯利用了电流的热效应,把电能转化为内能,没有用到电磁铁,所以选项 ABC 错误, D 正确。

8. A

【解析】A. 磁场存在于磁体周围和电流周围,磁场和电场一样,是客观存在的特殊物质,故 A 正确; B 错误。

C. 磁极与磁极之间不需接触也能发生作用,故 C 错误。

D. 磁场对放入它周围的磁铁产生力的作用,磁体的周围没有磁体时,磁场仍然是存在的。磁场的存在与周围有没有磁体无关,故 D 错误。

9. D

【解析】磁铁从中间断开后,每一段均仍然有两个磁极。

10. D

【解析】地球本身就是一个巨大的磁体,其 N 极在地理的

南极处,由于磁极间的相互作用,司南静止勺柄应指向地磁场的 N 极,即指南方。

11. D

【解析】指南针利用地磁场使小磁针偏转来指示方向,涉及磁现象,而我国古代四大发明中,造纸术、印刷术、火药不涉及电磁现象,故 D 正确。

12. D

【解析】A、B. 磁铁内部和外部都存在磁场,故 A 错误, B 错误。

C. 一束电子射线等效为电流,电流周围有磁场,故 C 错误。

D. 静止的带电体周围的空间没有磁场,运动电荷周围有磁场,故 D 正确。

13. C

【解析】A. 地磁场的方向是南北方向,地磁场对放入其中的磁体产生磁力作用,指南针本身有磁性,放入地磁场中,指南针总是指向南北方向,故 AB 错误, C 正确。

D. 指南针总是指向南北方向是由于受到地磁场的作用,与指南针能吸引铁、钴、镍等物质无关,故 D 错误。

14. D

【解析】根据磁性的定义可知,具有磁性的物体叫磁体。磁体吸引的物质是铁钴镍等物质,铝等很多种金属它都不吸引,故不能被磁铁吸引的是 D。

15. C

【解析】磁极间相互作用是:同名磁极相互排斥,异名磁极相互吸引。

16. C

【解析】当导线中有电流通过时,磁针会发生偏转,说明电流产生了磁场,这是电流的磁效应,首先观察到这个实验现象的物理学家是奥斯特,故 C 正确, ABD 错误。

17. D

【解析】由于地磁的北极在地理的南极附近,故地磁场的磁感线有一个由南向北的分量,而当电流的方向与磁场的方向平行时通电导线才不受磁场的安培力,故在进行奥斯特实验时通电直导线可以水平南北方向放置,而不必非要在赤道上进行,但不能东西放置和竖直放置,故只有 D 正确。

18. B

【解析】磁感应强度方向规定:磁感应强度方向为小磁针静止时的指向或小磁针 N 极受力的方向,故 B 选项正确, ACD 选项都错误。

19. B

【解析】磁性水雷中的小磁针静止时,一端指南,一端指北,水雷不会爆炸,军舰被地磁场磁化后就变成了一个浮动的磁体,当军舰接近磁性水雷时,由磁极间的相互作用:同名磁极相互排斥,异名磁极相互吸引知,就会使水雷中的小磁针发生转动,而触发水雷发生爆炸,故 B 正确, ACD 错误。

20. B

【解析】由题意知,给信鸽戴上一个非常漂亮的磁性头套,由此可见,小磁铁产生的磁场干扰了信鸽的飞行方向,从

而不能辨别方向。这说明鸽子体内有某种磁性物质,它能借助地磁场辨别方向,故 B 正确,ACD 错误。

21. D

【解析】放飞的信鸽一般都能回到家中,不会迷失方向,是由于鸽子体内有某种磁性物质,它能借助地磁场辨别方向。

22. D

【解析】必须用到磁性材料的是计算机上的磁盘,信用卡、录像带,而喝水用的搪瓷杯子不需要。故 D 正确,ABC 错误。

23. C

【解析】磁性材料在我们生活中应用广泛,如:磁卡、磁盘、磁带、电脑软盘、磁悬浮列车、录音机的磁头等;而电铃上的电磁铁铁芯是利用电流的磁效应工作的。

24. C

【解析】指南针是我国的四大发明之一,在北宋学者沈括的《梦溪笔谈》中,记载了磁针所指方向不完全指南北这一事实,即为磁偏角,故他是世界上最早发现这一事实的人,故 C 正确,ABD 错误。

25. AC

【解析】A. 由图示可知,甲图中前后面的同性磁极间距较小,同性磁极相互斥力大,容易脱落,故 A 正确。

B. 异性磁极间距较小,异性磁极相互引力大,越不容易脱落,故 B 错误。

C. 由图示可知,乙图中前后面的同性磁极间距较大,同性磁极相互斥力小,不容易脱落,故 C 正确。

D. 前后面的异性磁极间距等于玻璃的厚度,与磁力玻璃擦结构无关,故 D 错误。

26. D

【解析】奥斯特实验证明了电流的周围存在磁场,这是第一个发现了电和磁存在联系的实验。奥斯特由于这个贡献而载入物理史册。

第二节 磁感应强度

1. D

【解析】A. 电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$,适用于任何电场, q 是试探电荷,故 A 错误。

B. 电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$,适用于任何电场,故 B 错误。

C. 公式 $B = \frac{F}{IL}$ 是磁感应强度的定义式,磁感应强度 B 由磁场本身决定与电流 I 、导线长度 L 均无关,故 C 错误,D 正确。

2. B

【解析】根据安培力公式: $F = BIL$

$$\text{得: } B = \frac{F}{IL} = \frac{0.4}{1 \times 2} = 0.2 \text{ T}$$

3. A

【解析】长为 0.2m 的直导线中通入 2A 的电流,将导线放在匀强磁场中,受到的安培力为 0.2N,故:

$$B = \frac{F}{IL \sin \theta} = \frac{0.2}{2 \times 0.2 \times \sin \theta} = \frac{0.5}{\sin \theta};$$

由于 $0 < \sin \theta \leq 1$,故:

$$B \geq 0.5 \text{ T},$$

故 A 正确,BCD 错误。

4. B

【解析】根据 $F = BIL$ 得,磁感应强度为: $B = \frac{F}{IL} = \frac{0.012}{6 \times 2} = 0.001 \text{ T}$

5. B

【解析】A. 公式 $B = \frac{F}{IL}$ 是磁感应强度的定义式,运用比值法定义, B 由磁场性质决定,与 F 、 I 、 L 都无关,故 A 错误。

B. 当通电导线与磁场平行时,通电导线不受磁场力,一段通电直导线不受磁场力的地方,磁感应强度不一定为零,故 B 正确。

C. 磁感应强度为零的地方,通电直导线受磁场力一定为零,故 C 错误。

D. 磁铁、通电导线、运动电荷都会产生磁场,故 D 错误。

6. AD

【解析】A. 磁场中某点磁感应强度的方向就是磁场方向,故 A 正确。

B. 磁场中某点磁感应强度的方向就是磁场方向,与小磁针 N 极在该点的受力或转动的方向相同,与 S 极受力或转动的方向相反,故 B 错误,C 错误。

D. 磁场中某点磁感应强度的方向就是磁场方向,与小磁针 N 极在该点的受力方向相同,故 D 正确。

7. B

【解析】A. 磁感线是形象地描述磁场而引入的曲线,是想象的曲线,故 A 错误。

B. 磁场的基本特性是对处于磁场中的磁极或电流有力的作用,故 B 正确。

C. 磁场中的任何一条磁感线都是闭合曲线,故 C 错误。

D. 通电导体平行磁场放置时,不受磁场力作用,此时就不能检测磁场的存在,故 D 错误。

8. AB

【解析】A. 根据安培定则判断得知,两根通电导线产生的磁场方向均沿逆时针方向,由于对称,两根通电导线在 MN 两点产生的磁感应强度大小相等,根据平行四边形定则进行合成,得到 M 点和 N 点的磁感应强度大小相等, M 点磁场向下, N 点磁场向上,方向相反,故 A 正确。

B、C. 两根导线在 M 点产生的磁感应强度的方向如图 37 所示,根据平行四边形定则进行合成,得到 M 点的磁感应强度大小为 $2B_0 \cos \theta$ 。同理, N 点的磁感应强度大小也为 $2B_0 \times \cos \theta$,故 B 正确,C 错误。

D. 只有当两根通电导线在同一点产生的磁感应强度大小相等、方向相反时,合磁感应强度才为零,则知 O 点的磁感应强度为零,故 D 错误。

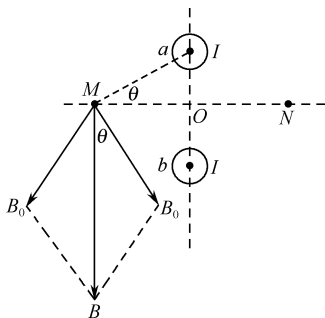


图 37

9. A

【解析】A. 磁感线越密的地方磁场越强, 越疏的地方磁场越弱, 故 A 正确。

B. 磁感应强度的大小由磁场本身的性质决定, 与安培力、电流、导线的长度无关, 故 B、C 错误。

D. 磁感应强度的方向与导线所受安培力的方向不同, 电流元所受的安培力方向、磁场方向、电流方向遵循左手定则, 故 D 错误。

点评: 解决本题的关键知道磁感应强度的特点, 以及会根据左手定则判断电流元所受的安培力方向、磁场方向、电流方向的关系。

10. C

【解析】A. 磁场中某处的磁感应强度大小, 就是通以电流 I 、长为 L 的一小段导线垂直放在该处时所受磁场力 F 与 $I \cdot L$ 的乘积的比值。故 A 错误。

B. 通电导线在磁场中的受力方向, 由左手定则来确定, 所以磁场力的方向与磁场及电流方向相互垂直, 故 B 错误。

C. 磁场中某处的磁感应强度大小, 就是通以电流 I 、长为 L 的一小段导线垂直放在该处时所受磁场力 F 与 $I \cdot L$ 的乘积的比值, 磁感应强度 B 不随 F 、 I 及 L 的变化而变化, 故 C 正确。

D. 当通电导体平行放在磁场中某处受到的磁场力 F 等于 0, 但磁场并不一定为零, 故 D 错误。

11. A

【解析】根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$ 得,

$$1\text{T} = 1\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m}), \text{由 } B = \frac{\Phi}{S}, \text{则单位可以为 } \text{Wb}/\text{m}^2;$$

根据公式 $B = \frac{F}{IL}$, 由安培力的单位是 N, 而电流的单位是 A, $1\text{A} = 1\text{C}/\text{s}$, 长度的单位为 m, 则单位的换算可得 $1\text{T} = \text{N}/(\text{A} \cdot \text{m}) = 1\text{N}/(\text{C} \cdot \text{ms}^{-1})$, 故 A 正确, BCD 错误。

12. ACD

【解析】A. 根据 $\Phi = BS$, 磁通量 Φ 的单位是 Wb, 面积 S 的单位是 m^2 , 有: $B = \frac{\Phi}{S}$, 故 $1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$, 故 A 正确, B 错误。

C. 根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL} = \frac{N}{\text{Am}} \dots \text{①}$

又根据电流的定义式 $I = \frac{q}{\Delta t}$, 即 $A = \frac{C}{s} \dots \text{②}$

②代入①得: $1\text{T} = 1\text{N} \cdot \text{s}/(\text{C} \cdot \text{m})$, 故 C 正确。

D. 根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL} = \frac{N}{\text{A} \cdot \text{m}}$,

故 $1\text{T} = 1\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m})$, 故 D 正确。

13. B

【解析】根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$ 得, $1\text{T} = 1\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m})$, 又由 $F = ma$ 得, $1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$, 则得到 $1\text{T} = 1\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{s}^2)$, 故 B 正确, ACD 错误。

14. B

【解析】根据安培定则可知, 通电圆环 A 在圆心 O 处产生的磁感应强度方向垂直纸面向里, 大小为 B_0 , 通电圆环 B 在圆心 O 处产生的磁感应强度方向竖直向下, 大小为 B_0 , 两者相互垂直, 根据平行四边形定则进行合成得知, O 处的磁感应强度大小为 $B = \sqrt{2}B_0$ 。

15. A

【解析】根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$ 得, $1\text{T} =$

$$1\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m}), \text{由 } B = \frac{Q}{S}, \text{则单位可以为 } \text{Wb}/\text{m}^2;$$

根据公式 $B = \frac{F}{IL}$, 安培力的单位是 N, 而电流的单位是 A, $1\text{A} = 1\text{C}/\text{s}$, 长度的单位为 m, 则单位的换算可得 $1\text{T} = 1\text{N}/(\text{A} \cdot \text{m}) = 1\text{N}/(\text{C} \cdot \text{ms}^{-1})$, 故 BCD 正确, A 错误。

16. C

【解析】由于磁感线的疏密表示磁场的强弱, 由图可知, 只有 C 图中的 P 点的磁感线比较疏, P 点磁感应强度小于 Q 点磁感应强度, 所以只有 C 正确。

17. C

【解析】两个导线间的作用力是相互作用力, 根据牛顿第三定律: 等大、反向、共线。大小设为 F_{ab} ;

对左边电流, 有: $F_1 = BIL + F_{ab}$

对右边电流, 有: $F_2 = 2BIL + F_{ab}$

两式联立解得: $F_{ab} = 2F_1 - F_2$

则 a 通电导线的电流在 b 导线处产生的磁感应强度大小为:

$$B' = \frac{F_{ab}}{2IL} = \frac{2F_1 - F_2}{2IL}$$

18. C

【解析】各个分磁场与合磁场关系如图 38 所示:

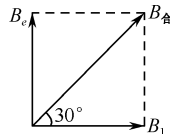


图 38

地磁场水平分量 $B_e = 5.0 \times 10^{-5}\text{T}$,

所以根据三角函数关系可得: $\tan\theta = \frac{B_e}{B_1}$

即有: $B_1 = \frac{B_e}{\tan 30^\circ} = 8.66 \times 10^{-5} \text{ T}$, 故 ABD 错误, C 正确。

19. A

【解析】图(b)为双绕线圈, 两通电导线的磁场互相抵消, 管内磁感应强度为零, 故选 A。

20. C

【解析】根据 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0}$, μ_0 单位为: $\text{T} \cdot \text{m/A}$;

A. 等式右边单位: $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{A}}{\text{m}^3} = \text{A/m}$, 左边单位为 T, 不同, 故 A 错误。

B. 等式右边单位: $\frac{(\text{T} \cdot \text{m/A}) \text{m} \cdot \text{A}}{\text{m}^3} = \text{T/m}$, 左边单位为 T, 不同, 故 B 错误。

D. 等式右边单位: $\frac{(\text{T} \cdot \text{m/A}) \text{m}^2 \cdot \text{A}}{\text{m}^3} = \text{T}$, 左边单位为 T, 相同, 但当 $r_0 = 0$ 时, $B = 0$, 显然不合实际, 故 D 错误。

C. 等式右边单位: $\frac{(\text{T} \cdot \text{m/A}) \text{m}^2 \cdot \text{A}}{\text{m}^3} = \text{T}$, 左边单位为 T, 相同, 故只能是 C 正确。

21. C

【解析】该题是个信息题, 要读懂题目的意思。首先, 两个环形电流在 P 点产生的磁场是加强的, 故排除 B 选项。

其次, 要理解题目中告诉的公式中的 Z 的意思是指 P 点到 O_1 或者 O_2 的距离。而现在题目告诉了 P 到 O 的距离为 x, 则 P 到 O_1 的距离为 $\frac{a}{2} + x$, P 到 O_2 的距离为 $\frac{a}{2} - x$, 因此 A 选项排除, 只能在 C、D 里面选择, 而两选项中区别是 D 选项多个 x, 而公式 $B = \frac{\mu I R^2}{2(R^2 + Z^2)^{\frac{3}{2}}}$ 与 x 无关, 故 D 错误, C 正确。

第三节 几种常见的磁场

1. C

【解析】A. 磁感线是为了描述磁场而引入的, 它并不客观存在, 故 A 错误。

B. 铁屑的分布能模拟磁感线的形状, 但其分布不是磁感线, 故 B 错误。

C. 磁感线的疏密反映了磁场的强弱, 故 C 正确。

D. 在磁体的内部, 磁感线从磁体的 S 极出发回到 N 极; 而外部则是从磁体的 N 极出发回到 S 极, 构成闭合曲线, 故 D 错误。

2. D

【解析】A. 磁感线是为了描述磁场而引入的, 它并不客观存在, 故 A 错误。

B. 在磁体的内部, 磁感线从磁体的 S 极出发回到 N 极; 而外部则是从磁体的 N 极出发回到 S 极, 构成闭合曲线, 故 B 错误。

C. 若两条磁感线可以相交, 则交点处就可以做出两个磁感线的方向, 即该点磁场方向就会有两个, 这与理论相矛盾,

因此磁感线不能相交, 故 C 错误。

D. 磁感线上任意一点的切线方向, 都跟该点的磁场方向一致, 故 D 正确。

3. B

【解析】当线框与磁场的方向垂直时, 其有效面积增大为 S, 所以穿过线圈的最大磁通量 $\Phi = BS$ 。

4. A

【解析】磁通量的单位为 Wb, F 是电容的单位, T 是磁感应强度的单位, V 是电压的单位, 故 A 正确, B、C、D 错误。

5. D

【解析】末状态的磁通量 $\Phi_2 = B_1 S$, 初状态的磁通量 $\Phi_1 = -B_2 S$, 则线圈内的磁通量的变化量 $\Delta\Phi = (B_2 + B_1) S$, 故 D 正确, A、B、C 错误。

6. B

【解析】磁体外部的磁感线是从磁体的 N 极发出, 回到 S 极。由图可知, 属于同种磁性, 且为 N 极。如图 39(1) 所示为两个异名磁极附近的磁感线分布; 如图 39(2) 所示为条形磁铁周围的磁感线分布; 故 B 正确, ACD 错误。

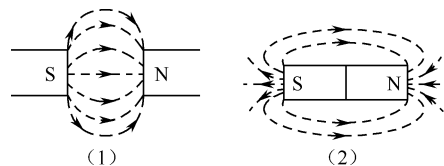


图 39

7. BD

【解析】A. 电流或运动的电荷才会产生磁场, 静止的电荷不产生磁场, 故 A 错误。

B. 一切磁现象都起源于电流或运动电荷, 一切磁作用都是电流或运动电荷之间通过磁场而发生的相互作用, 故 B 正确。

C. 变化的电场能够产生磁场, 而永久磁铁的磁场也是由运动的电荷(分子电流即电子绕原子核的运动形成的电流)产生的, 故 C 错误。

D. 物体被磁化就是在外磁场作用下, 物质内部分子电流取向大致相同, 故 D 正确。

8. B

【解析】地球本身是一个巨大的磁体, 地磁北极在地理南极附近, 地磁南极在地理的北极附近。所以地球表面附近的磁感线的方向是沿经线方向, 且由地理南极指向地理北极, 故 ACD 错误, B 正确。

9. BC

【解析】A. 由于磁感线是闭合曲线, 所以环形电流产生的磁场中, 环内的磁感线与环外的磁感线数目相等, 故 A 正确。

B. 电流产生的磁场与电流的大小和该处与电流的距离有关, 所以电流产生的磁场不一定比磁体产生的磁场强, 故 B 错误。

C. 磁感线是闭合曲线, 在空间不会中断, 故 C 错误。

D. 磁感线反映磁场的强弱和方向, 磁场中某处磁场的强弱是一定的, 则该处磁感线疏密一样, 故 D 正确。

10. B

【解析】由题意可知,磁感应强度达 4T,磁场较强,磁极两端的水被磁铁磁极磁化后,则两端水与两端磁极相同,由于同名磁极相互排斥,则出现水被推往水槽两壁现象,实验说明水分子是极性分子,故 B 正确,ACD 错误。

11. C

【解析】对线框的右半边($obco'$)未旋转时整个回路的磁通量为:

$$\Phi_1 = BS \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} BS;$$

对线框的右半边($obco'$)旋转 90° 后,穿进跟穿出的磁通量相等,整个回路的磁通量 $\Phi_2 = 0$ 。

$$\text{故磁通量的变化量为 } \frac{\sqrt{2}}{2} BS$$

12. B

【解析】圆环从 I 到 II 的过程中,穿过圆环的磁感线条数增多,则磁通量变大。

由 II 到 III 的过程,圆环包含了所有的内部磁感线及部分外部磁感线,内外磁感线相互抵消;因越到中间,外部磁感线越少,故本过程磁通量是变大的。

而 III \rightarrow IV 的过程是 II 到 III 的过程的相反过程,磁通量是变小的。

IV \rightarrow V 的过程中圆环远离磁铁,磁通量变小。

13. A

【解析】由题意可知,四个区域中,最近的导线形成的磁场相互抵消。

区域 I 中,左侧最远的导线磁场向里;下方最远导线向外;故总磁场向里。

区域 II 中,右侧导线及下方导线形成的磁场相互抵消,磁通量为零。

区域 III 中,两根距离远的导线形成的磁场均向外,故总磁通量向外。

区域 IV 中,两根距离远的导线形成的磁场相互抵消磁通量为零。

14. C

【解析】在条形磁铁内外都有磁场,套在条形磁铁外的三个线圈的磁通量为内部向左的磁通量减去外部向右的磁通量,而内部向左的磁通量相同,外部向右的磁通量越大,抵消越多,总磁通量越少。1,2 在同一位置,1 的外部面积大,则向右的磁通量大,故 $\Phi_2 > \Phi_1$; 2,3 面积一样,3 位置外部 B 小,则外部向右磁通量小,则 $\Phi_3 > \Phi_2$; 可知: $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$ 。

15. A

【解析】通电直导线周围磁场的磁场线是以导线每一点为圆心的一组同心圆,又由安培定则判断出来,电流向外,磁感线沿逆时针方向。

16. B

【解析】A. 奥斯特发现了电流的磁效应,故 A 错误。

B. 安培提出了分子电流假说,能很好地解释软铁被磁化的现象,故 B 正确。

C. 法拉第发现了电磁感应现象及其规律,故 B 错误。

D. 麦克斯韦提出了电磁波理论的假说,故 D 错误。

17. D

【解析】A. 磁极与磁极,磁极与电流、电流与电流之间都是通过磁场发生相互作用,故 A 正确。

B. 磁场中某点的磁场方向与放在该点小磁针 N 极所受磁场力的方向相同,与 S 极的磁场力方向相反,故 B 正确。

C. 当磁感线越密时,则磁感应强度越强,故 C 正确。

D. 穿过某平面的磁通量越大时,可能磁感应强度不变,故 D 错误。

18. B

【解析】由题,匀强磁场的磁感应强度 B 垂直于线圈平面,通过该线圈的磁通量为 $\Phi = BS = B\pi r_2^2$ 。

19. B

【解析】螺线管内部磁场向左穿过线圈,设向左穿过线圈的磁通量为 Φ_1 ,螺线管外部磁场向右穿过线圈,设穿过的磁通量为 Φ_2 ,则净磁通量为 $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$ 。线圈从正中间 A 处,现向右移动到 B 处 Φ_2 增大, Φ_1 不变,则 Φ 减小。故 B 正确, A、C、D 错误。

20. AB

【解析】A. 根据安培定则,电流 I_1 在第一象限磁场方向是垂直纸面向里, I_2 在第一象限磁场方向是垂直纸面向外,所以磁通量可能为零,故 A 正确。

B. 根据安培定则,电流 I_1 在第一象限磁场方向是垂直纸面向外, I_2 在第一象限磁场方向是垂直纸面向里,所以磁通量可能为零,故 B 正确。

C. 根据安培定则,电流 I_1 在第一象限磁场方向是垂直纸面向里, I_2 在第一象限磁场方向是垂直纸面向里,所以磁通量不可能为零,故 C 错误。

D. 根据安培定则,电流 I_1 在第一象限磁场方向是垂直纸面向外, I_2 在第一象限磁场方向是垂直纸面向外,所以磁通量不可能为零,故 D 错误。

21. C

【解析】根据磁通量 $\Phi = BS$ (B 与 S 垂直), $B = \frac{\Phi}{S} = \frac{1.50}{0.75} = 2.0\text{T}$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

22. C

【解析】如图 40 所示为某种用来束缚原子的磁场的磁感线分布情况:

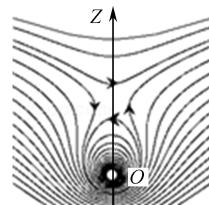


图 40

磁感线的疏密表示磁场的强弱,所以沿 Z 轴正方向磁感应强度 B 的大小是先变小后变大。由于题目中间的是磁感应强度 B 的大小,故 C 正确。

23. A

【解析】A. 该图中小磁针所在位置磁感线方向向上, 因此小磁针 N 极指向上方, 故 A 正确。

B. 该图中小磁针所在位置磁感线方向水平向右, 因此小磁针 N 极指向应向右, 故 B 错误。

C. 根据图中所给磁感线方向可知, 小磁针 N 极指向不是正下方, 应指向右下方, 故 C 错误。

D. 该图中小磁针所在位置磁感线方向沿磁感线水平向左, 因此小磁针 N 极应指向左侧, 故 D 错误。

24. C

【解析】由安培分子电流假说可知, 低温情况下, 分子运动不剧烈, 在外磁场的作用下, 分子环形电流的磁极趋向基本一致, 因而易被磁化。而高温时, 分子剧烈运动, 导致趋向基本一致的分子环形电流的磁极趋向重新变得杂乱无章, 进而达到消磁目的; 即磁性材料高温下容易消磁, 低温下容易磁化, 故①④正确, 即 C 正确。

25. A

【解析】根据磁感线的分布情况可知, 磁铁内部穿过环面的磁感线方向向上, 外部磁感线方向向下。由于磁感线是闭合曲线, 磁铁内部的磁感线条数等于磁铁外部磁感线的总条数, 而磁铁外部磁感线分布在无限大的空间, 所以穿过环面的磁铁外部向下的磁感线将磁铁内部向上的磁感线抵消一部分, a 的面积小, 抵消较小, 则磁通量较大, 所以 $\Phi_a > \Phi_b$ 。

26. B

【解析】地磁的南极在地理北极的附近, 故在用安培定则判定环形电流的方向时右手的拇指必须指向南方; 而根据安培定则, 拇指与四指垂直, 而四指弯曲的方向就是电流流动的方向, 故四指的方向应该向西, 故 B 正确。

27. C

【解析】通电螺线管的磁场分布相当于条形磁铁, 如图 41 所示。因此根据磁感线的分布, 再由磁感线的疏密程度来确定磁感应强度的大小。

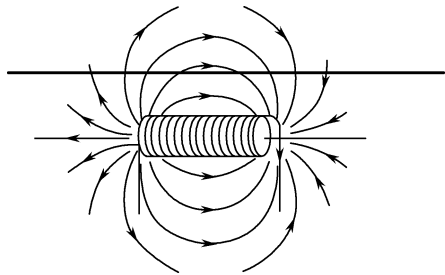


图 41

因为 ab 线段的长度大于通电螺线管的长度, 由条形磁铁磁感线的分布, 可知应该选 C, 如果 ab 线段的长度小于通电螺线管的长度, 则应该选 B。

由于足够长的直线 ab , 故 C 选项正确, ABD 错误。

$$28. 2 \times 10^{-7} \frac{I}{r} (\text{N/A}^2)$$

【解析】采用控制变量法。

在电流相同的情况下, 分析数据得出磁感应强度 B 与距

离 r 近似成反比, 即 $B \propto \frac{1}{r}$;

在距离相同的情况下, 分析数据得出磁感应强度 B 与电流近似成正比, 即 $B \propto I$

综上, $B \propto \frac{I}{r}$, 即 $B = k \frac{I}{r}$, k 为比例系数。

取一组数据代入, 如 $r = 0.020 \text{ m}$, $I = 10.0 \text{ A}$, $B = 10.32 \times 10^{-5} \text{ T}$, 求出 $k = 2.0 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$

第四节 通电导线在磁场中受到的力

1. B

【解析】通电直导线与磁场方向垂直, 根据 $F = BIL$ 得 $F = BIL = 0.1 \times 2 \times 0.1 \text{ N} = 0.02 \text{ N}$

2. D

【解析】A. 当安培力方向沿斜面向上时, 磁感应强度最小 $mg \sin \theta = ILB_{\min}$, 得:

$$B_{\min} = \frac{mg \sin \theta}{IL}, \text{ 方向垂直斜面向下, 故 AB 错误。}$$

C. 若 $B = \frac{mg}{IL}$, 则 $mg = BIL$ 的方向竖直向上, 则安培力水平向右, 与重力的合力不是 0, 棒不能平衡, 故 C 错误。

D. 若 $B = \frac{mg}{IL}$, 则 $mg = BIL$ 的方向竖直向左, 则安培力水平向上, 与重力的合力是 0, 故 D 正确。

3. D

【解析】对物体受力分析如图 42 所示:

由平衡条件得: 支持力 N 与安培力 F 的合力 F' 与重力大小相等。

安培力: $F = BIL$

在直角三角形中, 由三角函数关系得:

$$\sin \theta = \frac{F}{F'} = \frac{F}{mg}, \text{ 所以 } F = mg \sin \theta$$

即: $BIL = mg \sin \theta$

$$\text{所以: } B = \frac{mg \sin \theta}{IL}$$

磁场的方向为垂直斜面向上。

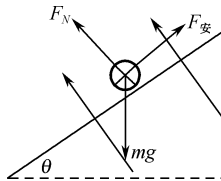


图 42

4. B

【解析】当带有负电的乌云经过避雷针上方时, 避雷针开始放电形成瞬间电流, 负电电荷从上而下通过避雷针, 所以电流的方向为从下而上, 磁场的方向从南向北, 根据左手定则, 安培力的方向向西, 故 B 正确, A、C、D 错误。

5. A

【解析】通电直导线所受的安培力 $F = BIL \sin \alpha$, α 是导线与磁场方向的夹角, 由题知 B 、 I 、 L 不变, α 由 0 变到 180° ,

$\sin\alpha$ 先增大后减小,则 F 先增大后减小。

根据左手定则判断可知,安培力方向始终沿 Z 轴方向,保持不变,故 A 正确,BCD 错误。

6. D

【解析】弹簧伸长量为 x_1 时,导体棒所受安培力沿斜面向上,根据平衡条件沿斜面方向有:

$$mgsin\alpha = kx_1 + BIL \cdots ①$$

电流反向后,导体棒所受安培力沿斜面向下,根据平衡条件沿斜面方向:

$$mgsin\alpha + BIL = kx_2 \cdots ②$$

$$\text{联立两式得: } B = \frac{k}{2IL}(x_2 - x_1)$$

7. A

【解析】由同向电流相互吸引,反向电流相互排斥可知,电流 I_1 对左侧电流的作用力是吸引力,对右侧电流的作用力是排斥力,所以从上往下看,线框顺时针转动;转动后由于导线周围磁感应强度的大小与它到导线的距离成反比,导线框左边受力比右边受力大,合力向左,所以导线框向左运动靠近通电长直导线。

8. AC

【解析】A、B. 两个圆形线圈,电流同向,根据同向电流相互吸引,异向电流相互排斥,知两线圈相互吸引,故 A 正确, B 错误。

C、D. 因为线圈 1 对线圈 2 的力和线圈 2 对线圈 1 的力大小相等,方向相反,根据牛顿第二定律知,加速度大小相等,故 C 正确, D 错误。

9. A

【解析】如题图所示,两根长直导线,电流大小相同,方向相同。则 a 受到 b 产生磁场的作用力向右大小为 F_1 ,那么 b 受到 a 产生磁场的作用力向左大小为 F_1' ,这两个力大小相等,方向相反,当再加入匀强磁场时产生的磁场力大小为 F_0 ,则 a 受到作用力为 $F_2 = F_1 + F_0$ 或 $F_2 = F_1 - F_0$ 。而对于 b 由于电流方向与 a 相同,所以 b 受到作用力为 $F_2' = F_1 + F_0$ 或 $F_2' = F_1 - F_0$,这两个力大小相等,方向相反。将 $F_1 = F_2 - F_0$ 或 $F_1 = F_2 + F_0$ 代入 $F_2' = F_1 + F_0$ 或 $F_2' = F_1 - F_0$,可得, $F_2' = F_2$;故 A 正确,BCD 错误。

10. B

【解析】假设直导线固定不动,根据右手螺旋定则知,直导线左侧的磁场垂直纸面向外,右侧磁场垂直纸面向里。在环形导线的左侧和右侧各取小微元电流,根据左手定则,左侧的微元电流所受安培力向左,右侧的微元电流所受安培力向左,则环形导线的运动情况是向左运动。因此根据相对运动,则可知直导线向右运动,即向 C 方向平动,故 B 正确, A、C、D 错误。

11. A

【解析】条形磁铁位置磁感线如图 43 所示,故磁场方向向右。

根据左手定则,电流受到的安培力向下,故弹簧弹力变大;

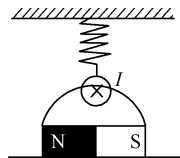


图 43

根据牛顿第三定律,电流对磁体的作用力与安培力等大、反向、共线,即向上,故磁体对地压力变小。

12. BC

【解析】小磁针的 N 极向纸外偏转, S 极向内偏转,因此在粒子下方磁场方向向外,根据安培定则可知电流方向向左,故这束粒子若带正电,则向左飞行,若带负电,则向右飞行,故 BC 正确, AD 错误。

13. AD

【解析】A. 设当电流表示数为零时,弹簧的伸长量为 Δx , 则有 $mg = k\Delta x$ ①

由①式得 $\Delta x = \frac{mg}{k}$ ②, 所以 A 正确。

B. 为使电流表正常工作,作用于通有电流的金属棒 MN 的安培力必须向下,因此 M 端应接正极,所以 B 错误。

C. 设电流表满偏时通过 MN 间电流强度为 I_m , 则有 $BI_m \overline{ab} + mg = k(\overline{bc} + \Delta x)$ ③, 联立②③并代入数据得 $I_m = 2.5 \text{ A}$, 故 C 错误。

D. 设量程扩大后,磁感应强度变为 B' , 则有 $2B'I_m \overline{ab} + mg = k(\overline{cb} + \Delta x)$ ④, 由①④式得 $B' = \frac{k \overline{cb}}{2I_m \overline{ab}}$ ⑤, 所以磁感应强度减半,故 D 正确。

14. B

【解析】A. 因为开始加速度方向向下,与速度方向相同,做加速运动,加速度逐渐减小,即做加速度逐渐减小的加速运动,然后加速度方向向上,加速度逐渐增大,做加速度逐渐增大的减速运动,故 A 错误, B 正确。

C. 根据牛顿第二定律得,金属棒的加速度 $a = \frac{f - mg}{m}$, $f = \mu N = \mu F_A = \mu BIL = \mu BLkt$, 联立解得加速度 $a = \frac{\mu BLkt}{m} - g$, 与时间呈线性关系,故 C 错误。

D. $t = 0$ 时刻无电流,无安培力,只有重力,加速度竖直向下,为正值,故 D 错误。

15. AD

【解析】A. 磁铁的磁感线在它的外部是从 N 极到 S 极,因为长直导线在磁铁的中心偏右位置,所以此处的磁感线是斜向左上的,电流的方向垂直于纸面向里,根据左手定则,导线受磁铁给的安培力方向是斜向右上,长直导线是固定不动的,根据物体间力的作用是相互的,导线给磁铁的反作用力方向就是斜向左下的,将这个力在水平和竖直方向分解,因此光滑平板对磁铁支持力增大,由于在水平向左产生分力,所以弹簧产生压力,弹簧长度将变短,故 A 正确, B 错误。

C. 磁铁的磁感线在它的外部是从 N 极到 S 极, 因为长直导线在磁铁的中心偏右位置, 所以此处的磁感线是斜向右下的, 电流的方向垂直于纸面向外, 根据左手定则, 导线受磁铁给的安培力方向是斜向右上, 长直导线是固定不动的, 根据物体间力的作用是相互的, 导线给磁铁的反作用力方向就是斜向左下的, 将这个力在水平和竖直方向分解, 因此光滑平板对磁铁支持力增大, 由于在水平向右产生分力, 所以弹簧产生压力, 弹簧长度将变短, 故 C 错误, D 正确。

16. D

【解析】根据左手定则判断出各段受到的安培力的方向, 如图 44 所示。

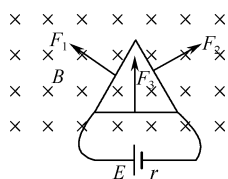


图 44

由于曲线 ACB 上产生的安培力等效于长 AB 上的电线产生的安培力, 所以等效电路为 r 和 $2r$ 并联, 并联后总电阻为:

$$\frac{2r \cdot r}{2r + r} = \frac{2}{3}r$$

根据欧姆定律, 并联的电流: $I_1 = \frac{U}{2r} = \frac{3U}{3}$

$$I_2 = \frac{U}{r}$$

则安培力 $F_1 = BI_1 L = \frac{3BUL}{2r}$

余下线框受到的安培力大小为: $F_2 = BI_2 L = \frac{BUL}{r} = \frac{2}{3}F$

17. BD

【解析】长度为 $L = \frac{m}{\rho_{\text{密度}} S}$, 电阻为 $R = \rho_{\text{电}} \cdot \frac{m}{\rho_{\text{密度}} S^2}$, 故电流为 $I = \frac{U}{R} = \frac{U \rho_{\text{密度}} S^2}{m \rho_{\text{电}}}$, 受到的安培力为 $F = BIL = \frac{BUS}{\rho_{\text{电}}}$, 与电阻丝的质量无关, 与其横截面积成正比。

A. 若 $m_1 > m_2$, $S_1 = S_2$, 则 $F_1 = F_2$, 故 A 错误。

B. 若 $m_1 < m_2$, $S_1 = S_2$, 则 $F_1 = F_2$, 故 B 正确。

C. 若 $m_1 = m_2$, $S_1 > S_2$, 则 $F_1 = F_2$, 故 C 错误。

D. 若 $m_1 = m_2$, $S_1 < S_2$, 则 $F_1 < F_2$ 故 D 正确。

18(1) MN 中电流 I_1 的大小 $\frac{\sqrt{3}mg}{2BL}$ 方向由 M 指向 N

(2) MN 中的电流 I_2 的大小 $\frac{\sqrt{3}mg}{BL}$

(3) 电源的电动势 $\frac{\sqrt{3}mg(R_1 - R_2)}{BL}$

【解析】(1) 磁场方向垂直于轨道面时, MN 受力如图 45 所示。

电流方向由 M 指向 N

根据物体平衡条件可得 $F_1 = mg \sin \theta$

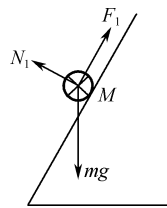


图 45

又安培力 $F_1 = BI_1 L$

解得电流 $I_1 = \frac{\sqrt{3}mg}{2BL}$

(2) 磁场方向竖直向上时, MN 受力如图 46 所示。

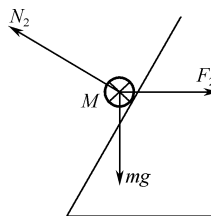


图 46

根据物体平衡条件可得 $F_2 \cos \theta = mg \sin \theta$

又安培力 $F_2 = BI_2 L$

解得 $I_2 = \frac{\sqrt{3}mg}{BL}$

(3) 设除电阻箱外, 电路中其他电阻为 r 。

根据闭合电路欧姆定律, 当电阻箱接入电路的电阻为 R_1

时, 有 $I_1 = \frac{E}{R_1 + r}$

当电阻箱接入电路的电阻为 R_2 时, 有 $I_2 = \frac{E}{R_2 + r}$

解得 $E = \frac{\sqrt{3}mg(R_1 - R_2)}{BL}$

19. (1) 金属棒受到的安培力的大小为 $\frac{ma}{\sin \alpha}$

(2) 金属棒对导轨的压力大小为 $mg - \frac{ma}{\tan \alpha}$

(3) 电源电动势 E 为 $\frac{ma(R + r)}{BL \sin \alpha}$

【解析】(1) 对导体棒受力分析可知,

$$F \sin \alpha = ma$$

$$F = \frac{ma}{\sin \alpha}$$

(2) 通过共点力平衡得

$$F_N + F \cos \alpha = mg$$

$$F_N = mg - \frac{ma}{\tan \alpha}$$

(3) 由 $F = BIL$ 得

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{ma}{BL \sin \alpha}$$

由闭合电路的欧姆定律得

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$\text{联立解得 } E = \frac{ma(R+r)}{BL\sin\alpha}$$

20. (1) 匀强磁场的磁感应强度的大小 2.4 T

(2) 金属杆中通过的电流 I 应满足为: $2.33 \text{ A} \leq I \leq 7.67 \text{ A}$

【解析】(1) 根据左手定则可知 MN 所受安培力方向沿导轨向上, MN 受力图如图 47 所示:

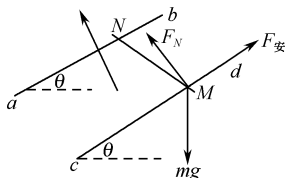


图 47

根据平衡条件得: $mg\sin\theta = BIL$

$$\text{因此有: } B = \frac{mg\sin\theta}{IL} = \frac{2 \times 10 \times 0.6}{5 \times 1} \text{ T} = 2.4 \text{ T}$$

(2) ab 杆静止, 摩擦力沿斜面向上最大时, 安培力最小, 此时电流最小:

$$f = \mu mg\cos\theta$$

$$mg\sin\theta = f + B_{\min}L$$

$$\text{由此解得: } I_{\min} = \frac{mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta}{BL}$$

$$= \frac{2 \times 10 \times 0.6 - 2 \times 10 \times 0.8 \times 0.4}{2.4 \times 1} \text{ A} \approx 2.33 \text{ A}$$

摩擦力沿斜面向下最大时, 安培力最大, 此时电流最大, 有:

$$mg\sin\theta + f = B_{\max}L$$

$$I_{\max} = \frac{mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta}{BL}$$

$$= \frac{2 \times 10 \times 0.6 + 2 \times 10 \times 0.8 \times 0.4}{2.4 \times 1} \text{ A} \approx 7.67 \text{ A}$$

21. 匀强磁场的磁感应强度 B 的大小为 $\frac{\sqrt{2}}{2} \text{ T}$, 所加磁场的方向平行悬线向上

【解析】为了使该棒仍然平衡在该位置上, 如图 48 所示。

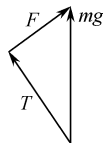


图 48

$$F_{\min} = mg\sin\theta$$

$$\text{得: } B_{\min} = \frac{mg\sin 45^\circ}{IL} = \frac{1 \times \frac{\sqrt{2}}{2}}{2 \times 0.5} \text{ T} = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ T}, \text{ 由左手定则知所}$$

加磁场的方向平行悬线向上。

22. (1) 金属棒中电流大小为 $2\sqrt{3} \text{ A}$ 和方向水平向右

(2) 金属棒在摆动过程中动能的最大值 $2.78 \times 10^{-2} \text{ J}$

【解析】(1) 方法一: 金属棒向纸外摆动, 所受的安培力向外, 根据左手定则判断得知, 金属棒中电流方向水平向右。金属棒上摆的过程, 根据动能定理得:

$$F_B L_2 \sin 60^\circ - mg L_2 (1 - \cos 60^\circ) = 0,$$

$$\text{又安培力为: } F_B = BIL_1,$$

$$\text{代入数据解得: } I = 2\sqrt{3} \text{ A}.$$

方法二: 由题意, 金属棒向上摆动的最大偏角 $\theta = 60^\circ$, 根据对称性可知, 偏角为 30° 时是其平衡位置, 金属棒受力如图 49 所示, 则有:

$$G = F_B \cot 30^\circ$$

$$\text{又安培力为: } F_B = BIL_1,$$

$$\text{联立以上解得: } I = 2\sqrt{3} \text{ A}.$$

(2) 由题意, 金属棒向上摆动的最大偏角 $\theta = 60^\circ$, 根据对称性可知, 偏角为 30° 时是其平衡位置, 金属棒受力如图 49 所示, 则有:

$$G = F_B \cot 30^\circ$$

当金属棒偏角为 30° 时, 速度最大, 动能最大, 由动能定理可得:

$$E_{\text{km}} = F_B L_2 \sin 30^\circ - mg L_2 (1 - \cos 30^\circ)$$

$$\text{代入解得最大动能为: } E_{\text{km}} = 2.78 \times 10^{-2} \text{ J}.$$

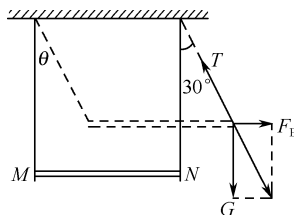


图 49

23. (1) 电流 I 的方向是向上

(2) 驱动力对液体造成的压强差为 $\frac{BL}{a}$

【解析】(1) 安培力向内, 磁场方向向右, 根据左手定则, 电流 I 的方向向上;

(2) 安培力: $F = BIlb$

$$\text{故压强差值为: } \Delta P = \frac{F}{S} = \frac{Bilb}{ab} = \frac{BI}{a}$$

24. (1) 用已知量和可测量 n, m, L, I 计算 B 的表达式为

$$B = \frac{mg}{2nIL}$$

(2) 当 $n = 9, L = 10.0 \text{ cm}, I = 0.10 \text{ A}, m = 8.78 \text{ g}$ 时, 磁感应强度是 0.49 T

【解析】(1) 根据平衡条件:

$$\text{有: } mg = 2nBIL,$$

$$\text{得: } B = \frac{mg}{2nIL}.$$

(2) 根据以上公式, 代入数据, 则有:

$$B = \frac{0.00878 \times 10}{2 \times 9 \times 0.1 \times 0.1} \text{ T} = 0.49 \text{ T}$$

25. (1) 欲使棒静止在斜面上, 外加匀强磁场的磁感应强度 B 的最小值为 $B = \frac{mg\sin\alpha}{IL}$, 方向垂直斜面向上。

(2) 所加匀强磁场的磁感应强度 B 的大小为 $B = \frac{mg}{IL}$, 方

向为水平向左。

【解析】(1) 欲使棒静止, 则棒受三力平衡, 当安培力的方向沿斜面向上时, 安培力最小, 磁感应强度最小, 有: $mg \sin \alpha = BIL$,

解得 $B = \frac{mg \sin \alpha}{IL}$, 方向垂直斜面向上。

(2) 欲使棒对斜面无压力, 则安培力要平衡棒的重力, 其受力图如图 50 所示,

由平衡条件有 $BIL = mg$,

解得 $B = \frac{mg}{IL}$, 方向为水平向左。

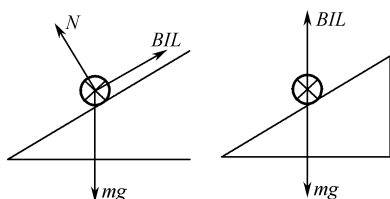


图 50

26. 控制变量法; 正比, 正比

【解析】由于实验时, 先保持长度不变, 改变电流; 再保持电流不变, 改变长度, 所以采用的方法是控制变量法, 当保持导线长度一定时, 探究安培力和电流大小的关系。

① 改变电流的大小 $I_1, I_2, I_3 \dots$;

② 在电子天平秤上读出对应的读数 $m_1, m_2, m_3 \dots$, 由图像可知力与电流成正比。

当保持电流大小一定时, 探究安培力与导线长度的关系。

① 改变通电导线在磁场中导线的长度 L_1, L_2, L_3, L_4 ;

② 在电子天平秤上读出对应的读数 m_1, m_2, m_3, m_4 , 力与长度成正比。

27. (1) 一个直线通道推进器内磁场对通电海水的作用力大小为 $1.92 \times 10^3 \text{ N}$, 其方向为垂直于 BI 平面向右

(2) 开启或关闭不同个数的左、右两侧的直线通道推进器, 实施转弯;

改变电流方向或改变磁场方向, 可以改变海水所受磁场力的方向, 实施“倒车”

(3) 当潜艇以恒定速度 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 前进时, 海水在出口处相对于推进器的速度 $v = 34 \text{ m/s}$, 电源提供的电功率中的第一部分为牵引功率, 其大小为 $6.9 \times 10^5 \text{ W}$; 电源提供的电功率中的第二部分为单位时间内海水的焦耳热功率, 其大小为 $6 \times 10^6 \text{ W}$; 电源提供的电功率中的第三部分为单位时间内海水动能的增加量, 其功率的大小为 $4.6 \times 10^4 \text{ W}$ 。

【解析】(1) 安培力的大小, $F = BIL = 6.4 \times 1000 \times 0.3 = 1.92 \times 10^3 \text{ N}$ 。

根据左手定则可知, 方向: 垂直于 BI 平面向右。

(2) 开启或关闭不同个数的左、右两侧的直线通道推进器, 实施转弯;

改变电流方向或改变磁场方向, 可以改变海水所受磁场力的方向, 实施“倒车”。

(3) 电源提供的电功率中的第一部分为牵引功率

$$P_1 = F_{\text{牵}} v_0$$

根据牛顿第三定律: $F_{\text{安}} = 12BIL$

当 $v_0 = 30 \text{ m/s}$ 时, 代入数据得: $P_1 = F_{\text{牵}} v_0 = 12 \times 1.92 \times 10^3 \times 30 \text{ W} = 6.9 \times 10^5 \text{ W}$

电源提供的电功率中的第二部分为单位时间内海水的焦耳热功率

$$\text{推进器内海水的电阻 } R = \rho \frac{L}{S} = \frac{\rho c}{ab} = 0.5 \Omega$$

$$P_2 = 12I^2 R = 6 \times 10^6 \text{ W}$$

电源提供的电功率中的第三部分为单位时间内海水动能的增加量

单位时间内通过推进器的水的质量为

$$m = \rho_m bcv_{\text{水对地}} = 480 \text{ kg}$$

单位时间内其动能增加为

$$P_3 = 12 \cdot \frac{1}{2} mv_{\text{水对地}}^2 = 4.6 \times 10^4 \text{ W}$$

28. B

【解析】由左手定则知: 安培力方向一定垂直于导线和磁场方向, A 错 B 对; $F = BIL \sin \theta$, 安培力大小与磁场和电流夹角有关, C 错误; 从中点折成直角后, 导线的有效长度不等于导线长度的一半, D 错误。

29. ABC

【解析】由图像得金属棒的运动是先加速再减速, 再加速再减速, 一直向右运动, 选项 A 对。一个周期内棒做先匀加速再匀减速运动, 选项 B 对。由 $F = BIL$, 安培力随时间做周期性的变化, 选项 C 对。受到的安培力在一个周期内先做正功后做负功, 选项 D 错。

30. (1) 此时超导圆环中电流的大小 $\frac{mg}{B_1 L \cos \theta_1}$ 和方向为 $adcba$

(2) 乙图

$$(3) \text{ 该超导圆环的电阻为 } \frac{2L^2 (h_1 - h_2) B_1^2 B_2^2 \cos^2 \theta_1 \cos^2 \theta_2}{mgT (B_1^2 \cos^2 \theta_1 + B_2^2 \cos^2 \theta_2)}$$

【解析】(1) 磁场的水平分量对圆环的作用力为竖直向下, 由左手定则判断电流方向为 $adcba$

$$\text{对磁铁由 } mg = B_1 I_1 L \cos \theta_1$$

$$\text{解得 } I_1 = \frac{mg}{B_1 L \cos \theta_1}$$

(2) 当磁铁下降时, θ 减小, $\cos \theta$ 增大, B 增大, 故根据 $I_1 = \frac{mg}{B_1 L \cos \theta_1}$ 可知, I 减小, 故选乙图。

$$(3) \text{ 磁铁下降前后环中电流为 } I_1 = \frac{mg}{B_1 L \cos \theta_1}, I_2 = \frac{mg}{B_2 L \cos \theta_2}$$

根据能量守恒

$$mg(h_1 - h_2) = \frac{(I_1^2 + I_2^2)}{2} RT$$

$$\text{解得 } R = \frac{2L^2 (h_1 - h_2) B_1^2 B_2^2 \cos^2 \theta_1 \cos^2 \theta_2}{mgT (B_1^2 \cos^2 \theta_1 + B_2^2 \cos^2 \theta_2)}$$



第五节 运动电荷在磁场中受到的力

1. BD

【解析】A. 当电荷的运动方向与磁场方向平行, 则电荷不受洛伦兹力, 故 A 错误。

B. 电荷在电场中一定受到电场力作用, 故 B 正确。

C. 正电荷所受电场力方向与该处的电场强度方向相同, 负电荷所受电场力方向与该处的电场强度方向相反, 故 C 错误。

D. 根据左手定则知, 电荷若受洛伦兹力, 则受洛伦兹力的方向与该处磁场方向垂直, 故 D 正确。

2. B

【解析】由于长通电螺线管中产生的磁场方向平行于螺线管的中心轴线, 与电子的运动方向平行, 则电子在磁场中不受洛伦兹力, 电子的重力又不计, 则电子做匀速直线运动, 故 B 正确、ACD 错误。

3. AB

【解析】A. 洛伦兹发现了磁场对运动电荷的作用规律, 故 A 正确。

B. 焦耳发现了电流通过导体时产生热效应的规律, 故 B 正确。

C. 行星在圆周轨道上保持匀速率运动, 速度的大小不变, 方向不断变化, 是由于万有引力恰好提供向心力的原因, 与惯性无关, 故 C 错误。

D. 作用力与反作用力总是同时产生, 同时消失。物体对地面产生压力的同时地面对物体产生支持力, 故 D 错误。

4. B

【解析】由题意可知, 下落过程中由于和空气的摩擦而带负电, 根据左手定则可知, 洛伦兹力的方向向西, 则落在气球正下方地面位置偏西。

5. B

【解析】A. 电子初速度与匀强磁场垂直, 做匀速圆周运动, 故速度大小不变, 方向变, 是变速运动, 故 A 错误。

B. 电子做匀速圆周运动, 动能不变, 故 B 正确。

C. 电子做匀速圆周运动, 加速度方向时刻改变, 故 C 错误。

D. 电子做匀速圆周运动, 洛伦兹力方向时刻改变, 故 D 错误。

6. BC

【解析】A. 当物体带正电, 因下滑产生速度, 则根据左手定则, 受到洛伦兹力垂直斜面向下, 导致压力增大, 则当滑动摩擦力等于重力的下滑分力时, 最终物体在斜面上做匀速直线运动, 故 B 正确, A 错误。

C. 若物体带负电, 因下滑的速度, 导致物体受到垂直斜面向上的洛伦兹力, 从而导致压力减小, 则加速度更大, 当速度达到一定值时, 使得洛伦兹力大于重力垂直斜面的分力时, 最终物体将离开斜面, 故 C 正确, D 错误。

7. B

【解析】根据左手定则可知 A 图中洛伦兹力方向应该竖

直向上, 故 A 错误。

B 图中根据左手定则可判断磁场、运动方向、洛伦兹力三方向关系正确, 故 B 正确。

C 图中所受洛伦兹力方向向外, 故 C 错误。

D 图中粒子运动方向与磁场方向相同, 故不受洛伦兹力, 故 D 错误。

8. A

【解析】由安培定则可知导体右侧磁场方向垂直纸面向里, 然后由左手定则可知运动电子所受洛伦兹力向右, 因此电子将向右偏转, 洛伦兹力不做功, 故其速率不变, 故 BCD 错误, A 正确。

9. A

【解析】地球的磁场由南向北, 当带正电的宇宙射线粒子垂直于地面向赤道射来时, 根据左手定则可以判断粒子的受力方向为向东, 所以粒子将向东偏转, 故 A 正确。

10. B

【解析】A. 加一磁场, 磁场方向沿 z 轴负方向, 根据左手定则, 洛伦兹力方向沿 y 轴负方向, 不符合题意, 故 A 错误。

B. 加一磁场, 磁场方向沿 y 轴负方向, 根据左手定则, 洛伦兹力方向沿 z 轴正方向, 亮线向下偏转, 符合题意, 故 B 正确。

C. 加一磁场, 磁场方向沿 y 轴正方向, 根据左手定则, 洛伦兹力方向沿 z 轴负方向, 亮线向上偏转, 不符合题意, 故 C 错误。

D. 加一磁场, 磁场方向沿 x 轴正方向, 电子运动的方向与磁场的方向平行, 不受洛伦兹力的作用, 不偏转, 不符合题意, 故 D 错误。

11. C

【解析】在 $t = t_1$ 之前物块 A 与小车共同做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律得: $F = (m + M)a$, 所以小车与物块的速度随时间均匀增大; 对物块 A 根据牛顿第二定律有: $f = ma$ 。即静摩擦力提供其加速度, 根据左手定则判断出物块 A 所受洛伦兹力方向竖直向上, 物块所受的洛伦兹力 qvB 逐渐增大, 由于物块 A 竖直方向受力平衡, 所以 A 与 B 之间的压力减小, 即它们间的最大静摩擦力减小, 当两物体 A、B 之间的最大静摩擦力不能提供物块 A 原来的加速度 a 时, A、B 发生相对滑动。

当物块 A 与小车 B 之间的最大静摩擦力不能提供物块 A 原来的加速度 a 时, 物块与小车发生了相对滑动, 此时物块 A 受到向右的滑动摩擦力 $f_1 = \mu F_N$ 。虽然小于刚才的静摩擦力, 但是滑动摩擦力的方向仍然向右, 物块 A 仍然加速运动, 物块所受向上的洛伦兹力 qvB 逐渐增大, 由于物块 A 竖直方向受力平衡, 物块 A 与小车 B 之间的压力减小, 所以向右的滑动摩擦力也减小, 即物块 A 的加速度在减小, 直到 t_2 时刻 A、B 之间的摩擦力减小到 0, 加速度减小到零, 最后做匀速直线运动, 在速度 - 时间图像中物块 A 的斜率逐渐减小到零。故 C 正确, ABD 错误。

12. BC

【解析】A. 由左手定则可判定小球受到的洛伦兹力 F 始

终指向圆心,另外假设小球受到管道的支持力 N , 小球获得 $v_0 = \sqrt{5gR}$ 的初速度后, 由圆周运动可得:

$$F + N - mg = m \frac{v_0^2}{R},$$

$$\text{解得: } N = mg + m \frac{v_0^2}{R} - F = mg + m \frac{v_0^2}{R} - qv_0 B,$$

可见, 只要 B 足够大, 满足 $mg + m \frac{v_0^2}{R} = qv_0 B$, 支持力 N 就为零, 故 A 错误。

B、C. 由于洛伦兹力不做功, 只有重力对小球做功, 故小球能不能到最高点与磁感应强度大小无关, 从最低点到最高点过程中, 由动能定理可得:

$$-mg2R = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2,$$

解得: $v = \sqrt{gR}$, 可知小球能到最高点, 由于当 $v = \sqrt{gR}$, 小球受到的向心力等于 mg , 故此时小球除受到重力, 向下的洛伦兹力之外, 一定还有轨道对小球向上的支持力, 大小等于洛伦兹力, 故 B、C 正确。

D. 对小球的速度分解在水平和竖直方向上, 小球在从环形细圆管的最低点运动到所能到达的最高点的过程中, 水平方向分速度先减小; 至圆心等高处, 水平分速度为零, 再往上运动, 水平分速度又增加, 故 D 错误。

13. C

【解析】A、B、C. 由于滑块与绝缘木板之间动摩擦因数为 0.5, 静摩擦力能提供的最大加速度为 5m/s^2 , 所以当 0.6N 的恒力作用于木板时, 系统以 $a = \frac{F}{M+m} = \frac{0.6}{0.2+0.1}\text{m/s}^2 = 2\text{m/s}^2$ 的加速度一起运动, 当滑块获得向左运动的速度以后又产生一个方向向上的洛伦兹力, 当滑块受到的洛伦兹力减小到一定的数值时, 滑块开始相对于木板滑动, 此后滑块开始做加速度减小的变加速运动, 木板做加速度增大的加速运动; 当洛伦兹力等于重力时滑块与木板之间的弹力为零, 此时 $Bqv = mg$, 解得: $v = 10\text{m/s}$, 此时摩擦力消失, 滑块做匀速运动, 而木板在恒力作用下做匀加速运动, $a = \frac{F}{m} = \frac{0.6}{0.2} = 3\text{m/s}^2$, 故 A 错误, B 错误, C 正确。

D. 滑块开始与木板一起做 $a = 2\text{m/s}^2$ 加速直线运动, 当滑块获得向左运动的速度以后又产生一个方向向上的洛伦兹力, 当滑块受到的洛伦兹力减小到一定的数值时, 滑块开始相对于木板滑动, 此时木板对滑块的作用力:

$$N = \frac{f}{\mu} = \frac{ma}{\mu} = \frac{0.1 \times 2}{0.5}\text{N} = 0.4\text{N}$$

竖直方向受力平衡, 得: $mg = N + qvB$

$$\text{所以: } v = \frac{mg - N}{qB} = \frac{0.1 \times 10 - 0.4}{0.2 \times 0.5}\text{m/s} = 6\text{m/s}$$

滑块从开始做加速运动, 到速度增大到 6m/s 所用的时间: $t = \frac{v}{a} = \frac{6}{2}\text{s} = 3\text{s}$ 。

即滑块从 $t = 3\text{s}$ 和木板开始有相对运动, 故 D 错误。

14. BD

【解析】A、B. 在 x 轴方向上的速度不变, 则在 y 轴方向上受到大小一定的洛伦兹力, 根据牛顿第二定律, 小球的加速度不变, 故 A 错误, B 正确。

C、D. 管子水平方向受到拉力和球对管子的弹力, 球对管子的弹力大小等于球在 x 轴方向受到的洛伦兹力大小, 在 y 轴方向的速度逐渐增大 ($v_y = at$), 则在 x 轴方向的洛伦兹力逐渐增大 ($F_{\text{洛}} = qv_y B = qBat$), 所以 F 随时间逐渐增大, 故 C 错误, D 正确。

15. C

【解析】带正电的电荷在向里的磁场中向右运动, 根据左手定则可知, 粒子受到的洛伦兹力的方向向下, 与速度方向不共线, 一定是做曲线运动, 所以粒子可能的运动轨迹为 c。

16. AD

【解析】由左手定则可判断洛伦兹力方向向上, 圆环受到竖直向下的重力、垂直细杆的弹力及向左的摩擦力, 当 $qvB = mg$ 时, 小环做匀速运动, 此时图像为 A, 故 A 正确。

当 $qvB < mg$ 时, $F_N = mg - qvB$ 此时: $\mu F_N = ma$, 所以小环做加速度逐渐增大的减速运动, 直至停止, 所以其 $v-t$ 图像的斜率应该逐渐增大, 故 BC 错误。

当 $qvB > mg$ 时, $F_N = qvB - mg$, 此时: $\mu F_N = ma$, 所以小环做加速度逐渐减小的减速运动, 直到 $qvB = mg$ 时, 小环开始做匀速运动, 故 D 图像正确, 故 D 正确。

17. ACD

【解析】(1) 当 $qv_0 B = mg$ 时, 圆环不受支持力和摩擦力, 摩擦力做功为零, 故 A 正确。

(2) 当 $qv_0 B < mg$ 时, 圆环做减速运动到静止, 只有摩擦力做功, 根据动能定理得

$$-W = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ 得 } W = \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ 故 C 正确。}$$

(3) 当 $qv_0 B > mg$ 时, 圆环先做减速运动, 当 $qvB = mg$, 即 $v = \frac{mg}{qB}$ 时, 不受摩擦力, 做匀速直线运动。

根据动能定理得: $-W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 代入解得: $W = \frac{1}{2}m \left[v_0^2 + \left(\frac{mg}{qB} \right)^2 \right]$, 故 D 正确。

18. AD

【解析】A. 小球在运动的过程中, 只有重力做功, 根据动能定理得, 每次经过平衡位置时, 动能相同, 但速度的方向不同, 所以速度不同。故 A 正确, B 错误。

C. 当小球向右通过平衡位置时, 根据牛顿第二定律有: $T + F - mg = m \frac{v^2}{l}$, 所以 $T = m \frac{v^2}{l} + mg - F$, 当小球向左通过平衡位置时, 根据牛顿第二定律有: $T - mg - F = m \frac{v^2}{l}$, 则 $T = m \frac{v^2}{l} + F + mg$, 因为洛伦兹力相等, 所以向左通过平衡位置时的拉力大于向右通过平衡位置时的拉力。故 C 错误, D 正确。

19. D

【解析】根据右手螺旋定则判断上下两个线圈的 N 极均

在左边, S 极均在右边, 即铁芯中间处的磁场方向是水平向右的。根据左手定则判定, 由里向外射出的电子流受到的洛伦兹力向下。

20. A

【解析】A. 粒子 A 在磁场中受洛伦兹力做圆周运动, 若粒子 A 从 a 到 b 运动, 根据左手定则可知粒子 A 先带正电, 与粒子 B 相碰后粒子运动的偏转方向发生了变化, 即粒子所带电荷种类发生了变化, 故粒子 B 应该带负电, 而且知 q_2 带负电且电量比 q_1 大, 故 A 正确, B 错误。

C. 若粒子 A 从 c 到 b 运动, 根据左手定则可知粒子 A 先带正电, 与粒子 B 相碰后粒子运动的偏转方向发生了变化, 即粒子所带电荷种类发生了变化, 故粒子 B 应该带负电, 故 CD 错误。

21. (1) 此物体在斜面上运动的最大速度为 $\frac{mg\cos\theta}{qB}$

(2) 此物体在斜面上运动的距离为 $\frac{m^2 g \cos^2 \theta}{2q^2 B^2 \sin \theta}$

(3) 此物体在斜面上运动的时间为 $\frac{m \cot \theta}{qB}$

【解析】(1) 当洛伦兹力等于小球重力垂直斜面方向的分力时, 则小球刚好要离开斜面,

因此, $qv_m B = mg \cos \theta$;

解得: $v_m = \frac{mg \cos \theta}{qB}$

(2) 由于小球在下滑过程中, 做匀加速直线运动,

受力分析, 由牛顿第二定律, 则有: $a = \frac{mg \sin \theta}{m} = g \sin \theta$;

由运动学公式 $v^2 = 2as$ 则有:

$$s = \frac{v_m^2}{2a} = \frac{\left(\frac{mg \cos \theta}{qB}\right)^2}{2g \sin \theta} = \frac{m^2 g \cos^2 \theta}{2q^2 B^2 \sin \theta};$$

(3) 因做匀加速直线运动, 根据 $v = at$, 则有:

$$t = \frac{v}{a} = \frac{\frac{mg \cos \theta}{qB}}{g \sin \theta} = \frac{m \cot \theta}{qB}$$

22. (1) 物体带负电荷;

(2) 物体离开斜面时的速度是 $\frac{mg \cos \theta}{qB}$ 及物体在斜面上滑行的长度是 $\frac{m^2 g \cos^2 \theta}{2q^2 B^2 \sin \theta}$

【解析】(1) 当小物体沿斜面加速下滑时, 随着速度的增加, 洛伦兹力逐渐增大, 为了使小物体离开斜面, 洛伦兹力的方向必须垂直于斜面向上, 可见小物体带负电。

(2) 小物体沿斜面下滑时, 受力如图 51 所示;

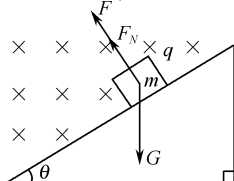


图 51

由牛顿第二定律得: $mg \sin \theta = ma$, 加速度 $a = g \sin \theta$,

洛伦兹力 $F = qvB$, 当 $F_N = 0$, 即 $qvB = mg \cos \theta$,

$v = \frac{mg \cos \theta}{qB}$ 时, 小物体开始离开斜面;

由匀变速直线运动的速度位移公式可得:

$$v^2 - 0 = 2aL,$$

则小物体在斜面上滑行的距离 $L = \frac{m^2 g \cos^2 \theta}{2q^2 B^2 \sin \theta}$.

23. (1) 小球能在斜面上滑行的距离为 $\frac{m^2 g \cos^2 \theta}{q^2 B^2 \sin \theta}$;

(2) 小球在斜面上滑行时间是 $\frac{m \cos \theta}{qB \sin \theta}$

【解析】(1) 由静止可知: $qE = mg$

当小球恰好离开斜面时, 对小球受力分析, 受竖直向下的重力、电场力和垂直于斜面向上的洛伦兹力, 此时在垂直于斜面方向上合外力为零。

则有: $(qE + mg) \cos \theta = qvB$

由动能定理得: $(qE + mg) \sin \theta \cdot x = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{解得: } x = \frac{m^2 g \cos^2 \theta}{q^2 B^2 \sin \theta}$$

(2) 对小球受力分析, 在沿斜面方向上合力为 $(qE + mg) \sin \theta$, 且恒定, 故沿斜面方向上做匀加速直线运动, 由牛顿第二定律得:

$$(qE + mg) \sin \theta = ma$$

$$\text{得: } a = 2g \sin \theta$$

$$\text{由 } x = \frac{1}{2}at^2$$

$$\text{得: } t = \frac{m \cos \theta}{qB \sin \theta}$$

24. 见解析

【解析】(1) 小球从左往右运动时的拉力大于小球从右向左运动时的拉力, 可知从左往右运动时洛伦兹力向下, 根据左手定则, 知小球带正电荷。

(2) 由动能定理 $mgL = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{解得 } v = \sqrt{2gL} = 4 \text{ m/s}$$

(3) 根据牛顿定律, 小球向左通过最低点时 $F_1 - mg - qvB = m \frac{v^2}{L}$

$$\text{小球向右通过最低点时 } F_2 - mg + qvB = m \frac{v^2}{L}$$

由以上各式解得: $m = 1 \text{ g}$ 。

25. 答: (1) 先做加速度增大的加速运动, 再做加速度减小的加速运动, 最后做匀速直线运动;

(2) 小球在运动过程中最大加速度的大小为 $g \sin \theta$;

$$(3) \text{ 小球在运动过程中最大速度的大小 } v_m = \frac{mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)}{\mu Bq}$$

【解析】(1) 由于洛伦兹力作用下, 导致压力减小, 则滑动摩擦力也减小, 所以加速度增加, 当洛伦兹力大于重力的

垂直于杆的分力时,导致滑动摩擦力增大,从而出现加速度减小,直到处于受力平衡,达到匀速直线运动。

因此小球先做加速度增大的加速运动,再做加速度减小的加速运动,最后做匀速直线运动。

(2)当杆对小球的弹力为零时,小球加速度最大。

小球受力如图 52(1)所示。

根据牛顿第二定律 $mg\sin\theta = ma$

解得: $a = g\sin\theta$

(3)当小球所受合力为零时,速度最大,设最大速度为 v_m 。

小球受力如图 52(2)所示。

根据平衡条件 $qv_mB = N + mg\cos\theta$

$mg\sin\theta = f$

滑动摩擦力 $f = \mu N$

解得: $v_m = \frac{mg(\sin\theta + \mu\cos\theta)}{\mu Bq}$

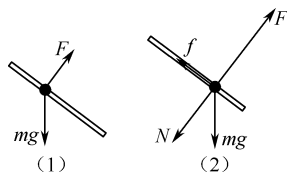


图 52

26. 答: (1) t 时刻木板的加速度大小为 μg ;

(2) 恒力作用 $\frac{m}{\mu Bq}$ 时间, 小木块和木板之间开始发生相对滑动

【解析】(1) t 时刻, 小木块受到竖直向上的洛伦兹力

则有: $F_{\text{洛}} = Bqv_{\text{木块}} = mg$

则小木块与木板之间无挤压, 不存在摩擦力,

对木板有: $F = ma_{\text{木板}}$

$a_{\text{木板}} = \frac{F}{m} = \mu g$

(2) 小木块和木板之间发生相对滑动之前一起做匀加速运动, 设加速度为 a ,

由牛顿第二定律, 则有: $F = 2ma$

即 $a = \frac{F}{2m} = \frac{1}{2}\mu g$

小木块和木板之间刚开始发生相对滑动时, 设摩擦力为 f_m , 共同速度为 v_1 。

对小木块: $f_m = \mu(mg - Bqv_1) = ma$

速度公式: $v_1 = at_1$

所以 $v_1 = \frac{mg}{2Bq}$

则小木块和木板之间开始发生相对滑动, 恒力作用的时间: $t_1 = \frac{m}{\mu Bq}$

27. B

【解析】根据右手安培定则可判定 O 点磁感应强度的方向水平向左, 根据左手定则可判定: 一带正电的粒子从正方形中心 O 点沿垂直于纸面的方向向外运动, 它所受洛伦兹力

的方向是向下。

28. 见解析

【解析】(1) 对 P_1 受力分析可得: 竖直方向受力平衡:

$N + qvB = mg \dots\dots\dots ①$

水平方向受力平衡: $F = \mu N \dots\dots\dots ②$

联立①②可得: $v = 4\text{m/s}$

(2) P_1 从 D 到 G 由于洛伦兹力不做功, 电场力做正功, 重力做负功。由动能定理可知:

$qErsin\theta - mgr(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_D^2 \dots\dots\dots ③$

将 P_1 过 G 点后做匀变速直线运动的加速度设为 a_1 , 则:

$qEcos\theta - mg\sin\theta - \mu(mg\cos\theta + qEsin\theta) = ma_1 \dots\dots\dots ④$

P_2 质量设为 m_2 , 在 GH 上做匀加速直线运动的加速度设为 a_2 , 则:

$m_2g\sin\theta - \mu m_2g\cos\theta = m_2a_2 \dots\dots\dots ⑤$

P_1 和 P_2 在 GH 上的时间相位移之和为 S , 所以:

$S = v_Ct + \frac{1}{2}a_1t^2 + \frac{1}{2}a_2t^2 \dots\dots\dots ⑥$

联立各式, 可得: $S = 0.56\text{m}$

29. (1) $\frac{6q_0UB^2}{\rho E^2}$

(2) $64\pi r_0^2 q_0(U + El)$

(3) 只改变磁感应强度 B , 使之成为原来的 2 倍; 或只改变加速电压 U , 使之成为原来的 4 倍

【解析】(1) 半径为 r_0 的纳米粒子在区域 II 中沿直线运动, 受到电场力与洛伦兹力作用

由 $F_{\text{洛}} = qvB$

$F_{\text{电}} = Eq$

得 $qvB = Eq \quad ①$

粒子速率 $v = \frac{E}{B} \quad ②$

粒子在区域 I 中加速运动, 通过小孔 O_2 时的速度为 v

由动能定理 $qU = \frac{1}{2}mv^2 \quad ③$

半径为 r_0 的纳米粒子质量 $m = \rho \times \frac{4}{3}\pi r_0^3 \quad ④$

电量 $q = q_0 \times 4\pi r_0^2 \quad ⑤$

由②③④⑤式得 $r_0 = \frac{6q_0UB^2}{\rho E^2} \quad ⑥$

(2) 由③④⑤式得半径为 r_0 的粒子速率

$v = \sqrt{\frac{6q_0U}{\rho r_0}} \quad ⑦$

由⑦式判断: 粒子半径为 $4r_0$ 时, 粒子速度 $v' = \frac{v}{2}$, 故

$F_{\text{洛}} < F_{\text{电}}$, 粒子向上极板偏转。

设半径为 $4r_0$ 的粒子质量为 m' , 带电量为 q' , 偏转距离为 l 时的动能为 E_k 。

解法一:

粒子在区域 I、II 全过程中, 由动能定理

$q'U + Eq'l = E_k \quad ⑧$

$$q' = q_0 \times 4\pi(4r_0)^2 \quad ⑨$$

$$\text{由⑧⑨式得粒子动能 } E_k = 64\pi r_0^2 q_0 (U + El) \quad ⑩$$

解法二:粒子在区域Ⅱ中,由动能定理

$$Eq'l = E_k - \frac{1}{2}m'v^2$$

$$q' = q_0 \times 4\pi(4r_0)^2$$

$$\text{得 } E_k = 64\pi r_0^2 q_0 (U + El)$$

(3)由⑥式可知,粒子沿直线射入收集室可以通过改变电场强度 E 、磁感应强度 B 和加速电压 U 来实现。只改变电场强度 E ,使电场强度 E 为原来的 $\frac{1}{2}$,则半径为 $4r_0$ 的粒子受到的电场力与洛伦兹力平衡,能沿直线射入收集室。

(提示:只改变磁感应强度 B ,使之成为原来的2倍;或只改变加速电压 U ,使之成为原来的4倍;……,用其他方法分析正确同样得分)

第六节 带电粒子在匀强磁场中的运动

1. AD

【解析】粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径 $r = \frac{mv}{qB} =$

$$\frac{m}{qB} \cdot \frac{qBR}{2m} = \frac{R}{2}$$

$$\text{周期 } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{\pi R}{v}$$

$$\text{则 } t = \frac{\pi R}{2v} = \frac{1}{2}T$$

设粒子轨迹直径与 AB 的夹角为 α ,则 $\cos\alpha = \frac{r}{R} = \frac{1}{2}$, $\alpha = 60^\circ$

根据几何知识知粒子在磁场中转过半周, $\theta = 90^\circ - \alpha = 30^\circ$

2. BC

【解析】如图53所示,由几何知识可知,与 AD 边界相切的圆形轨迹半径为 $1.5L$,与 CD 边界相切的轨迹半径为 L 。

由半径公式: $R = \frac{mv}{qB}$,可知轨迹与 CD 边界相切的粒子速度为 $\frac{2v_0}{3}$,由此可知,仅满足 $\frac{2v_0}{3} < v < v_0$ 的粒子从 CD 边界的

PD 间射出,速度小于 $\frac{2v_0}{3}$ 的粒子不能打出磁场,故选项B、C正确。

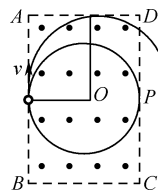


图 53

3. A

【解析】D.由周期公式得: $T = \frac{2\pi m}{Bq}$,由于带电粒子的 B 、

q 、 m 均相同,所以 T 相同,故D错误。

A、B.根据 $t = \frac{\theta}{2\pi}T$ 可知,在磁场中运动时间越长的带电粒子,圆心角越大,半径越小,由 $r = \frac{mv}{qB}$ 知速率一定越小,故A正确,B错误。

C.在磁场中通过的路程: $S = \theta r = \frac{\theta mv}{qB}$;时间长的速度大、圆心角小,故弧长不一定大,故C错误。

4. C

【解析】粒子在磁场中运动的周期公式为 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$,由此可知,粒子的运动时间与粒子的速度大小无关,所以粒子在磁场中的周期相同,由粒子的运动轨迹可知,通过 a 点的粒子的偏转角为 90° ,通过 b 点的粒子的偏转角为 60° ,所以通过 a 点的粒子的运动时间为 $\frac{1}{4}T$,通过 b 点的粒子的运动时间为 $\frac{1}{6}T$,所以从 S 到 a 、 b 所需时间 $t_1:t_2$ 为3:2,所以C正确。

5. AC

【解析】A.带电小球在乙图中受到竖直向下的电场力与重力,而在丙图中受到竖直向上的电场力与重力,根据类平抛运动规律,则有: $\frac{v_0 t}{2} = \cot\theta$,可知当加速度越大时,所用时间越短,因此 OB 间距小于 OC 间距,故A正确。

B.由题意可知,甲图带电小球做平抛运动,由A分析可知,运动的时间介于乙图与丙图之间,故B错误。

C.根据A分析,则有 $\frac{v_0 t}{2} = \cot\theta$,那么 $v_y = at = 2v_0 \tan\theta$,

则有它们的竖直方向的速度相等,根据矢量的合成法则,可得小球落到 B 点与 C 点速度大小相等,故C正确。

D.由于洛伦兹力作用下,竖直方向的加速度小于 g ,则使得竖直方向的速度小于甲图的平抛竖直方向的速度,又因洛伦兹力不做功,则球从 O 到 A 重力做的功多于球从 O 到 D 做的功,因此合力对小球做功不同,故D错误。

6. BD

【解析】A. E 和 B 都沿 y 轴的负方向,则电场力沿 y 轴的负方向,而磁场力沿 z 轴的正方向,再考虑重力,合力不为零,与速度不共线,发生偏转,故A错误。

B.电场力沿 z 轴负方向,洛伦兹力沿 z 轴正方向,两力方向相反,当两力的合力与重力平衡时,粒子将做直线运动,故B正确。

C.电场力沿 z 轴负方向,洛伦兹力沿 z 轴负方向,两力方向相同,两力的合力与重力同方向,故三个力的合力与运动方向垂直,粒子将做曲线运动,故C错误。

D.电场力沿 z 轴正方向,洛伦兹力为零,当电场力与重力平衡时,合力为零,粒子将做直线运动,故D正确。

7. BD

【解析】A.根据左手定则可知, a 带正电, b 带负电,故A

错误。

B. 根据洛伦兹力提供向心力 $qvB = \frac{mv^2}{r}$, 得 $r = \frac{mv}{qB}$, 因为两粒子的比荷相同, 故 R 越大, v 就越大, a 运动的速率比 b 的小, 故 B 正确。

C. 荷质比相同的 a 、 b 两粒子, 因质量无法确定, 则电量无法比较, 故 C 错误。

D. 因为 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$, 因为 $\frac{m}{q}$ 相同, 故 T 相同, ab 都运动半个周期, 故 ab 运动的时间相同, 故 D 正确。

8. AD

【解析】A. 离子每次通过 D 形盒 D_1 、 D_2 间的空隙时, 电场力做正功, 动能增加, 所以离子从电场中获得能量, 故 A 正确。

B. 离子在磁场中受到的洛伦兹力不做功, 不能改变离子的动能, 所以离子不能从磁场中获得能量, 故 B 错误。

C、D. 设 D 形盒的半径为 R , 当离子圆周运动的半径等于 R 时, 获得的动能最大, 则由 $Bqv = m \frac{v^2}{R}$ 可得: $v = \frac{BqR}{m}$, 则最大动能 $E_{km} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{B^2q^2R^2}{2m}$, 可见最大动能与加速电压无关, 增大 D 形盒的半径可增加离子从回旋加速器中获得的最大动能, 故 C 错误, D 正确。

9. ACD

【解析】A. 质子离开回旋加速器时的速度最大, 此时的半径为 R , 则 $v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rf$, 所以最大速度不超过 $2\pi Rf$, 故 A 正确。

B. 根据 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 知 $v = \frac{qBR}{m}$, 则最大动能 $E_{km} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$, 与加速电压无关, 故 B 错误。

C. 设质子加速 1 次和 2 次获得的速度分别为 v_1 和 v_2 , 根据动能定理得: $qU = \frac{1}{2}mv_1^2$, $2qU = \frac{1}{2}mv_2^2$, 可得 $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2}$ 。由 $r = \frac{mv}{qB}$, 知 $r \propto v$, 则质子第 2 次和第 1 次经过两 D 形盒间狭缝后轨道半径之比为 $\sqrt{2}:1$, 故 C 正确。

D. 根据 $f = \frac{Bq}{2\pi m}$, 知频率 f 与比荷 $\frac{q}{m}$ 成正比, α 粒子的比荷小于质子的比荷, 所以该回旋加速器如果加速 α 粒子, 若不改变交流电的频率, 则应该增加磁感应强度 B , 或者不增大 B , 减小交流电频率, 故 D 正确。

10. B

【解析】只有电场时, 粒子做类平抛运动, 设板间距离为 d , 板长为 L , 有:

$$qE = ma \quad \text{..... ①}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2 \quad \text{..... ②}$$

$$L = v_0t \quad \text{..... ③}$$

由①②③得:

$$qE = \frac{mdv_0^2}{L^2} \quad \text{..... ④}$$

只有磁场时, 粒子做匀速圆周运动, 设运动半径为 R , 有:

$$Bqv_0 = m \frac{v^2}{R} \quad \text{..... ⑤}$$

由几何关系知:

$$R^2 - L^2 = \left(R - \frac{d}{2}\right)^2 \quad \text{..... ⑥}$$

由⑤⑥联立得:

$$Bqv_0 = \frac{mdv_0^2}{L^2 + \frac{d^2}{4}} \quad \text{..... ⑦}$$

对比④⑦知:

$qE > Bqv_0$, 电场力大于洛伦兹力, 故向 a 板偏转做曲线运动。

11. CD

【解析】A、C. 小球下滑过程中, 受到重力、摩擦力(可能有)、弹力(可能有)、向左的洛伦兹力、向右的电场力。开始阶段, 洛伦兹力小于电场力时, 小球向下做加速运动, 速度增大, 洛伦兹力增大, 小球所受的杆的弹力向左, 大小为 $N = qE - qvB$, N 随着 v 的增大而减小, 滑动摩擦力 $f = \mu N$ 也减小, 小球所受的合力 $F_{\text{合}} = mg - f$, f 减小, $F_{\text{合}}$ 增大, 加速度 a 增大; 当洛伦兹力等于电场力时, 合力等于重力, 加速度最大, 等于 g , 故 A 错误, C 正确。

B、D. 当 $mg = f$ 时, $a = 0$, 速度最大, 故:

$$mg = \mu(qvB - qE)$$

解得:

$$v = \frac{mg}{qB\mu} + \frac{E}{B};$$

故 B 错误, D 正确。

$$12. (1) P \text{ 点距原点 } O \text{ 的距离为 } \frac{mv_0^2}{2eE};$$

$$(2) \text{ 电子从 } P \text{ 点出发到第一次回到 } P \text{ 点所用的时间为 } \frac{2mv_0}{eE} + \frac{3\pi m}{2eB}$$

【解析】(1) 如图 54 所示, 电子从 y 轴的 P 点以垂直于 y 轴的初速度 v_0 进入第 III 象限后, 水平方向做匀速直线运动, 竖直方向做匀加速直线运动, 有:

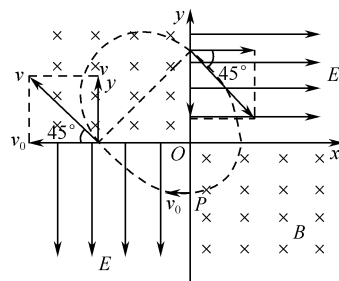


图 54

$$v_y = v_0 \tan 45^\circ = v_0$$

$$\text{又 } v_y = at_3 = \frac{eE}{m}t_3$$

$$\text{解得: } t_3 = \frac{mv_0}{eE}$$

$$PO = h = \frac{1}{2}at_3^2 = \frac{mv_0^2}{2eE}$$

(2) 在一个周期内, 设在第Ⅲ象限运动时间为 t_3 , 在第Ⅱ象限运动的时间为 t_2 , 在第Ⅰ象限运动的时间为 t_1 , 在第Ⅳ象限运动的时间为 t_4 ,

$$\text{在第Ⅲ象限由: } v_y = at_3 = \frac{eE}{m}t_3$$

$$\text{解得: } t_3 = \frac{mv_0}{eE}$$

$$\text{在第Ⅱ象限电子做圆周运动, 周期: } T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

$$\text{在第Ⅱ象限运动的时间: } t_2 = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$$

由几何关系知, 电子在第Ⅰ象限的运动与第Ⅲ象限的运动对称, 沿 x 轴方向做匀减速运动, 沿 y 方向做匀速运动, 到达 x 轴时垂直进入第四象限的磁场中, 速度变为 v_0 。

$$\text{在第Ⅰ象限运动的时间: } t_1 = t_3 = \frac{mv_0}{eE}$$

电子在第Ⅳ象限做四分之一圆周运动, 运动周期与第Ⅲ象限周期相同, 即: $T = \frac{2\pi m}{Bq}$

$$\text{在第Ⅳ象限运动时间: } t_4 = \frac{T}{4} = \frac{\pi m}{2eB}$$

电子从 P 点出发到第一次回到 P 点所用时间为:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \frac{2mv_0}{eE} + \frac{3\pi m}{2eB}$$

$$13. (1) \text{ 磁感应强度: } B = \frac{mv_0}{er} \tan \frac{\theta}{2};$$

$$(2) \text{ 电子在磁场中运动的时间: } t = \frac{r\theta}{v_0 \tan \frac{\theta}{2}}$$

【解析】电子做圆周运动的轨迹如图 55 所示:

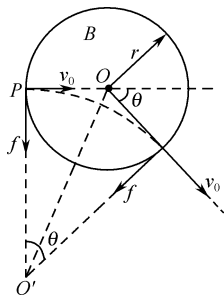


图 55

$$\text{由几何知识可得: } R = \frac{r}{\tan \frac{\theta}{2}} \text{ ①,}$$

$$\text{由牛顿第二定律得: } ev_0 B = m \frac{v_0^2}{R} \text{ ②,}$$

$$\text{由①②解得: } B = \frac{mv_0}{er} \tan \frac{\theta}{2} \text{ ③;}$$

$$\text{电子做圆周运动的周期: } T = \frac{2\pi m}{eB} \text{ ④,}$$

$$\text{电子运动时间: } t = \frac{\theta}{2\pi} T \text{ ⑤,}$$

$$\text{由③④⑤解得: } t = \frac{r\theta}{v_0 \tan \frac{\theta}{2}}$$

$$14. (1) \text{ 小球离开小孔 } O' \text{ 时的速度是 } \sqrt{2gd + \frac{2qU}{m}};$$

(2) ①欲使小球不离开边界 EF , 则所加磁场的磁感应强度大小满足的条件是 $B \geq \frac{m \cdot \sqrt{2gd + \frac{2qU}{m}}}{4h}$;

②在满足①中的磁感应强度取最小值时, 小球与地板的撞击点到 P 点的距离是 $2h$ 。

【解析】(1) 小球在电容器中受到重力和电场力的作用, 由动能定理得:

$$mgd + qU = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{所以: } v_0 = \sqrt{2gd + \frac{2qU}{m}}$$

(2) ①小球在离开小孔 O' 后受到的电场力: $F = qE = q \cdot \frac{mg}{q} = mg$, 与重力大小相等, 方向相反, 所以粒子在 EF 以下做匀速直线运动, 到达 P 的速度不变。

反弹后的速度是碰撞前的一半, 加磁场后, 由于重力与电场力大小相等, 方向相反, 所以洛伦兹力提供向心加速度, 粒子做匀速圆周运动, 其半径不大于 h , 即 $r \leq h$,

$$\text{洛伦兹力提供向心力, 由牛顿第二定律有: } qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{所以: } B = \frac{mv}{qr} \geq \frac{m \cdot \sqrt{2gd + \frac{2qU}{m}}}{4h}$$

②粒子做匀速圆周运动, 再次与地板相碰时粒子的轨迹是半圆, 所以磁感应强度取最小值时, 小球与地板的撞击点到 P 点的距离: $L = 2r = 2h$ 。

$$15. (1) \text{ 电子的比荷为 } \frac{3v_0}{Ba};$$

(2) 若在 xOy 坐标系的第Ⅰ象限加上沿 y 轴正方向、大小为 $E = Bv_0$ 的匀强电场, 在 $x_0 = \frac{4}{3}a$ 处垂直于 x 轴放置一荧光屏, 则荧光屏上在 y 坐标分别为 0 、 $-\frac{4}{3}a$ 的范围内出现一条长亮线

【解析】(1) 从 O 点射入磁场的电子在磁场中的运动轨迹如图 56 所示, 由几何关系有:

$$r + \frac{r}{\sin 30^\circ} = a \text{ ①}$$

解得:

$$r = \frac{a}{3} \text{ ②}$$

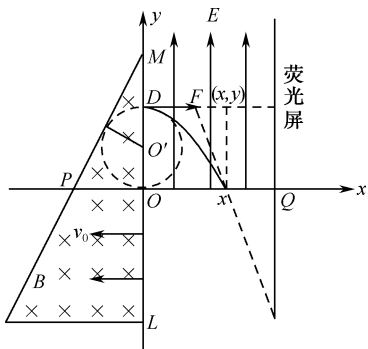


图 56

电子在磁场中运动时,洛伦兹力等于向心力,即:

$$eBv_0 = m \frac{v_0^2}{r} \quad (3)$$

由②③解得电子比荷:

$$\frac{e}{m} = \frac{3v_0}{Ba} \quad (4)$$

(2) 由电子的轨道半径可判断,从 O 点射入磁场的电子 $(0, \frac{2}{3}a)$ 的位置进入匀强电场,电子进入电场后做类平抛运动,有:

$$2r = \frac{eE}{2m} t^2 \quad (5)$$

$$x = v_0 t \quad (6)$$

联立②④⑤⑥,将 $E = Bv_0$ 代入解得:

$$x = \frac{2}{3}a \quad (7)$$

设该电子穿过 x 轴时速度与 x 轴正方向成 θ 角,则:

$$v_y = \frac{eE}{m} t \quad (8)$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} \quad (9)$$

$$\text{解得: } \tan \theta = 2 \quad (10)$$

设该电子打在荧光屏上的 Q 点, Q 点离 x 轴的距离为 L ,则:

$$L = (x_0 - x) \tan \theta = \frac{4}{3}a \quad (11)$$

即电子打在荧光屏上离 x 轴的最远距离为:

$$L = \frac{4}{3}a$$

而从 $(0, -\frac{4}{3}a)$ 位置进入磁场的电子恰好由 O 点过 y 轴,不受电场力,沿 x 轴正方向做直线运动,打在荧光屏与 x 轴相交的点上,所以荧光屏上在 y 坐标分别为 $0, -\frac{4}{3}a$ 的范围内出现一条长亮线。

16. (1) 微粒进入偏转电场时的速度 v_0 是 $\sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$;

(2) 两金属板间的电压 U_2 是 $\frac{2\sqrt{3}dU_1}{2L}$;

(3) 若该匀强磁场的磁感应强度为 B ,微粒在磁场中运动后能从左边界射出,则微粒在磁场中的运动时间为 $\frac{4\pi m}{3qB}$;

(4) 若该匀强磁场的宽度为 D ,为使微粒不会从磁场右边射出,该匀强磁场的磁感应强度 B 至少为 $\frac{1}{D} \sqrt{\frac{6mU_1}{q}}$

【解析】(1) 由带电粒子经 U_1 电压加速:

$$qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{得: } v_0 = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$$

(2) 由带电粒子经 U_2 电压偏转,可知:

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{qU_2}{md}$$

$$t = \frac{L}{v_0}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{at}{v_0} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\text{得: } U_2 = \frac{2\sqrt{3}dU_1}{3L}$$

(3) 带电粒子在磁场中运动,从左边界出,对应圆周运动的圆心角 240° ,由洛伦兹力提供向心力,如图 57 所示。

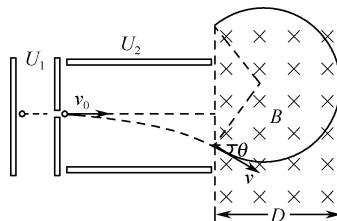


图 57

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{带电粒子在磁场中的时间 } t = \frac{2}{3}T = \frac{4\pi m}{3qB}$$

(4) 微粒和右边界相切时,该匀强磁场的磁感应强度最小值为 B_0 ,设粒子进入磁场速度为 v_i ,运动半径为 R

$$v_i = \frac{v_0}{\cos 30^\circ}$$

$$qv_i B_0 = m \frac{v_i^2}{R}$$

$$\text{由几何关系得: } R + R \sin 30^\circ = D$$

$$\text{求得: } B_0 = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{6mU_1}{q}}$$

17. (1) 如果在金属板 N, M 间加上电压 $U_{NM} = U_0$ 时,粒子从 AF 边小孔射出后直接打在 A 点,则电压 U_0 的大小为 $\frac{qB^2 L^2}{32m}$;

(2) 如果给金属板 N, M 间加一合适的电压,粒子从 AF

边小孔射出后恰好能以最短时间回到该小孔,则最短时间为 $\frac{5\pi m}{Bq}$;

(3) 如果改变金属板 N 、 M 间所加电压,试判断粒子从 AF 边小孔射出后能否直接打在 C 点。若不能,说明理由;若能,此时电压 U_{NM} 的大小为 $\frac{169qB^2L^2}{32m}$ 。

【解析】(1) 依题意, $R = \frac{L}{4}$,

$$\text{由 } qvB = m \frac{v^2}{R},$$

$$\text{及 } qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\text{解得 } U_0 = \frac{qB^2L^2}{32m}$$

(2) 由于粒子在磁场中运动周期 $T = \frac{2\pi m}{Bq}$, T 与速率无关;粒子撞击 BC 中点和 DE 中点后回到 G , 用时最短圆周半径 $R'' = \frac{3}{2}L$, 得到最短时间 $t = \frac{300^\circ}{360^\circ} \cdot T \times 3 = \frac{5\pi m}{Bq}$ 。

(3) 设 AF 中点为 G , 连接 GC , 作其垂直平分线, 与 AF 延长线交点即为圆心

$$\text{由相似三角形得 } R' = O'G = \frac{13L}{4},$$

$$\text{由牛顿第二定律, } qvB = \frac{mv^2}{R'},$$

$$qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2,$$

$$\text{解得: } U_{NM} = \frac{169qB^2L^2}{32m}$$

$$18. (1) \text{ 粒子到达 } O \text{ 点时速度的大小是 } \sqrt{\frac{2q(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}};$$

$$(2) \text{ 所加磁感应强度的大小是 } \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2m(\varphi_1 - \varphi_2)}{q}};$$

(3) 试写出定量反映收集板 MN 上的收集效率 η 与磁感应强度 B 的关系的相关式子是 $\eta = \frac{\pi - \alpha}{\pi}$

【解析】(1) 带电粒子在电场中加速时, 由动能定理有:

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$\text{又 } U = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\text{所以: } v = \sqrt{\frac{2q(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}}$$

(2) 从 AB 圆弧面收集到的粒子有 $2/3$ 能打到 MN 板上, 刚好不能打到 MN 上的粒子从磁场中出来后速度方向与 MN 平行, 则入射的方向与 AB 之间的夹角是 60° , 在磁场中运动的轨迹如图 58(1) 所示, 轨迹圆心角 $\theta = 60^\circ$ 。

根据几何关系, 粒子圆周运动的半径为 $r = L$

$$\text{由牛顿第二定律得: } qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{联立解得: } B = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2m(\varphi_1 - \varphi_2)}{q}}$$

(3) 当沿 OD 方向的粒子刚好打到 MN 上, 则由几何关系

$$\text{可知, } r_1 = \frac{1}{2}L$$

$$\text{由牛顿第二定律得: } qvB = m \frac{v^2}{r_1}$$

$$\text{得: } B = \frac{2}{L} \sqrt{\frac{2m(\varphi_1 - \varphi_2)}{q}}$$

$$\text{即 } B > \frac{2}{L} \sqrt{\frac{2m(\varphi_1 - \varphi_2)}{q}}$$

如图 58(2) 所示, 设粒子在磁场中运动圆弧对应的圆心角为 α , 由几何关系可知:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{L/2}{r} = \frac{LqB}{2mv} = \frac{LB}{2} \sqrt{\frac{q}{2m(\varphi_1 - \varphi_2)}}, MN \text{ 上的收集}$$

$$\text{效率: } \eta = \frac{\pi - \alpha}{\pi}$$

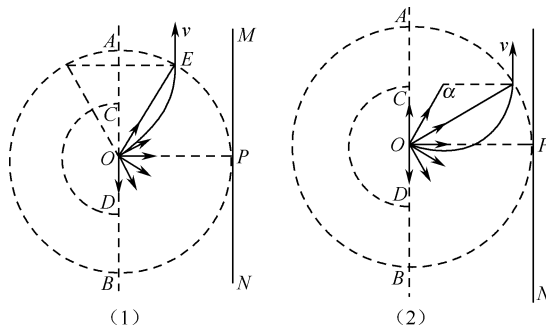


图 58

$$19. (1) \text{ 电子飞出电场时的速度为 } \sqrt{\frac{2eU}{m}};$$

$$(2) PQ \text{ 间距 } L \text{ 为 } 10\sqrt{3}r$$

【解析】(1) 设电子射出电场时的速度为 v , 根据动能定理有:

$$eU = \frac{1}{2}mv^2,$$

$$\text{解得: } v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

(2) 如图 59 所示, 电子在磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力充当向心力, 根据牛顿第二定律有:

$$evB = m \frac{v^2}{R},$$

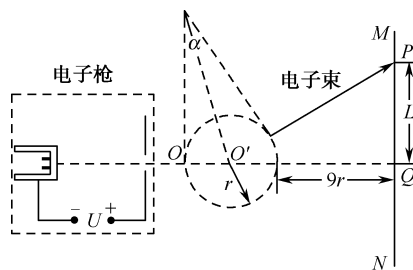


图 59

电子在磁场中偏转的半径 R 和 r 有以下关系:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{R},$$

$$\text{同时有: } \tan \alpha = \frac{L}{10r}.$$

$$\text{代入 } B = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{2mU}{3e}},$$

$$\text{解得: } L = 10\sqrt{3}r.$$

20. 见解析

【解析】(1) 初速度与 y 轴方向平行的粒子在磁场中的运动轨迹如图 60(1) 中的弧 OP 所示, 其圆心为 C 。由几何关系可知, $\angle POC = 30^\circ$; $\triangle OCP$ 为等腰三角形。

$$\text{故 } \angle OCP = \frac{2\pi}{3} \quad ①$$

此粒子飞出磁场所用的时间为

$$t_0 = \frac{T}{3} \quad ②$$

式中 T 为粒子做圆周运动的周期。

设粒子运动速度的大小为 v , 半径为 R , 由几何关系可得

$$R = \frac{2\sqrt{3}}{3}a \quad ③$$

由洛伦兹力公式和牛顿第二定律有

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \quad ④$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad ⑤$$

联立 ②③④⑤ 解得

$$\frac{q}{m} = \frac{2\pi}{3Bt_0} \quad ⑥$$

(2) 仍在磁场中的粒子其圆心角一定大于 120° , 这样粒子角度最小时从磁场右边界穿出; 角度最大时从磁场左边界穿出。依题意, 所有粒子在磁场中转动时间相同, 则转过的圆心角相同, 故弦长相等; 同一时刻仍在磁场内的粒子到 O 点距离相同。在 t_0 时刻仍在磁场中的粒子应位于以 O 点为圆心、 OP 为半径的弧 \widehat{MN} 上。(弧 \widehat{MN} 只代表初速度与 y 轴正方向为 60° 度时粒子的运动轨迹)。

设此时位于 P 、 M 、 N 三点的粒子的初速度分别为 v_P 、 v_M 、 v_N 。由对称性可知 v_P 与 OP 、 v_M 与 OM 、 v_N 与 ON 的夹角均为 $\frac{\pi}{3}$ 。

设 v_M 、 v_N 与 y 轴正向的夹角分别为 θ_M 、 θ_N , 由几何关系有 $\theta_M = \frac{\pi}{3}$ ⑦

$$\theta_N = \frac{2\pi}{3} \quad ⑧$$

对于所有此时仍在磁场中的粒子, 其初速度与 y 轴正方向所成的夹角 θ 应满足 $\frac{\pi}{3} \leq \theta \leq \frac{2\pi}{3}$

(3) 在磁场中飞行时间最长的粒子的运动轨迹应与磁场右边界相切, 其轨迹如图 60(2) 所示。由几何关系可知:

$$OM = OP$$

由对称性可知

$$ME = OP$$

由图可知, 圆的圆心角为 240° , 从粒子发射到全部粒子飞出磁场所用的时间 $2t_0$ 。

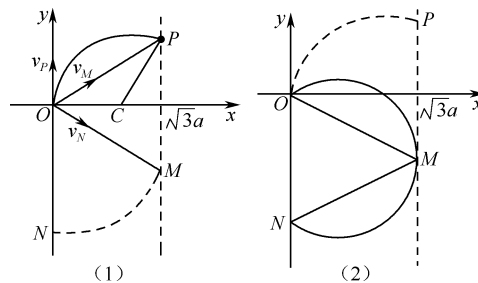


图 60

21. 见解析

【解析】(1) 根据运动轨迹可以求出半径为:

$$r = \frac{a}{2} \quad ①$$

$$\text{洛伦兹力提供向心力有: } qvB = \frac{mv^2}{r} \quad ②$$

$$\text{联立 ①② 解得: } v_1 = \frac{qBa}{2m}.$$

(2) 根据题意可知: O 、 A 两点处于同一圆周上, 且圆心在 $x = \frac{a}{2}$ 的直线上, 半径为 R 。当给定一个初速度 v 时, 有两个

入射角, 分别在第 1、2 象限, 由此解得: $\sin \theta = \frac{aqB}{2mv}$ 。

(3) 粒子在运动过程中仅有电场力做功, 因此在轨道的最高点处速率最大, 且此处速度方向水平向左 (沿 $+x$ 方向)。用 y_m 表示该处的纵坐标, 有:

$$qEy_m = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad ①;$$

$$\text{由题意 } v_m = ky_m \quad ②,$$

且 k 与 E 的大小无关, 因此可利用 $E = 0$ 时的状况来求 k , $E = 0$ 时洛伦兹力充当向心力, 即

$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{R_0}, \text{ 得 } R_0 = \frac{mv_0}{qB},$$

其中的 R_0 就是对应的纵坐标 y_0 , 因此得:

$$k = \frac{qB}{m}, \text{ 此时代入 ② 得:}$$

$$y_m = \frac{mv_m}{qB}, \text{ 将此式代入 ①, 整理后可得:}$$

$v_m^2 - \frac{2E}{B}v_m - v_0^2 = 0$, 解得: $v_m = \frac{E}{B} + \sqrt{\left(\frac{E}{B}\right)^2 + v_0^2}$, 舍去负值, 得:

$$v_m = \frac{E}{B} + \sqrt{\left(\frac{E}{B}\right)^2 + v_0^2}$$

22. 见解析

【解析】(1) 由题意可知, 要使电子的侧向位移最大, 应让电子从 $0, 2t_0, 4t_0 \dots$ 等时刻进入偏转电场, 在这种情况下, 电子的侧向位移为

$$y_{\max} = \frac{1}{2}at_0^2 + v_y t_0$$

$$y_{\max} = \frac{1}{2} \frac{eU_0}{dm} r_0^2 + \frac{eU_0}{dm} t_0^2 = \frac{3}{2} \frac{eU_0}{dm} t_0^2$$

要使电子的侧向位移最小,应让电子从 $t_0, 3t_0 \dots$ 等时刻进入偏转电场,在这种情况下,电子的侧向位移为 $y_{\min} = \frac{1}{2}at_0^2$

$$\text{所以 } y_{\min} = \frac{1}{2} \frac{eU_0}{dm} t_0^2$$

所以最大侧向位移和最小侧向位移之比为 $y_{\max} : y_{\min} = 3:1$ 。

(2) 设电子从偏转电场中射出时的偏向角为 θ , 由于电子要垂直打在荧光屏上,

$$\text{所以电子在磁场中运动半径应为: } R = \frac{1}{\sin\theta}$$

设电子从偏转电场中出来时的速度为 v_t , 垂直偏转极板的速度为 v_y , 则电子从偏转电场中出来时的偏向角为 $\sin\theta = \frac{v_y}{v_t}$ 。

$$\text{式中 } v_y = \frac{eU_0}{dm} t_0$$

$$\text{又 } R = \frac{mv_t}{Be}$$

$$\text{由上述四式可得 } B = \frac{U_0 t_0}{dl}$$

(3) 由于各个时刻从偏转电场中出来的电子的速度大小相同,方向也相同。

因此电子进入磁场后的半径也相同。

由第(1)问可知电子从偏转电场中出来时的最大侧向位移和最小侧向位移的差值为:

$$\Delta y = y_{\max} - y_{\min}$$

$$\text{所以 } \Delta y = \frac{eU_0}{dm} t_0^2$$

$$\text{所以打在荧光屏上的电子束的宽度为 } \Delta y = \frac{eU_0}{dm} t_0^2。$$

23. 见解析

【解析】(1) 核反应方程为 ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{11}_6\text{C} + {}^4_2\text{He} \dots \text{①}$

设碳 11 原有质量为 m_0 , 经过 $t = 2.0\text{h}$ 剩余的质量为 m_t , 根据半衰期定义, 有:

$$\frac{m_t}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{120}{20}} = 1.6\% \dots \text{②}$$

(2) 设质子质量为 m , 电荷量为 q , 质子离开加速器时速度大小为 v , 由牛顿第二定律知: $qvB = m \frac{v^2}{R} \dots \text{③}$

$$\text{质子运动的回旋周期为: } T = \frac{2\pi m}{Bq} \dots \text{④}$$

由回旋加速器工作原理可知, 交变电源的频率与质子回旋频率相同, 由周期 T 与频率 f 的关系可得: $f = \frac{1}{T} \dots \text{⑤}$

设在 t 时间内离开加速器的质子数为 N , 则质子束从回

旋加速器输出时的平均功率

$$P = \frac{N \cdot \frac{1}{2}mv^2}{t} \dots \text{⑥}$$

$$\text{输出时质子束的等效电流为: } I = \frac{Nq}{t} \dots \text{⑦}$$

$$\text{由上述各式得 } I = \frac{P}{\pi BR^2 f}$$

(3) 方法一:

设 $k (k \in \mathbf{N}^*)$ 为同一盒子中质子运动轨道半径的序数, 相邻的轨道半径分别为 $r_k, r_{k+1} (r_k < r_{k+1})$, $\Delta r_k = r_{k+1} - r_k$,

在相应轨道上质子对应的速度大小分别为 v_k, v_{k+1} , D_1 、 D_2 之间的电压为 U ,

$$\text{由动能定理知 } 2qU = \frac{1}{2}mv_{k+1}^2 - \frac{1}{2}mv_k^2 \dots \text{⑧}$$

$$\text{由洛伦兹力充当质子做圆周运动的向心力, 知 } r_k = \frac{mv_k}{qB},$$

$$\text{则 } 2qU = \frac{q^2 B^2}{2m} (r_{k+1}^2 - r_k^2) \dots \text{⑨}$$

$$\text{整理得 } \Delta r_k = \frac{4mU}{qB^2 (r_{k+1} + r_k)} \dots \text{⑩}$$

$$\text{因 } U, q, m, B \text{ 均为定值, 令 } C = \frac{4mU}{qB^2}, \text{ 由上式得 } \Delta r_k =$$

$$\frac{C}{r_k + r_{k+1}} \dots \text{⑪}$$

相邻轨道半径 r_{k+1}, r_{k+2} 之差 $\Delta r_{k+1} = r_{k+2} - r_{k+1}$

$$\text{同理 } \Delta r_k = \frac{C}{r_{k+1} + r_{k+2}}$$

因为 $r_{k+2} > r_k$, 比较 $\Delta r_k, \Delta r_{k+1}$ 得 $\Delta r_{k+1} < \Delta r_k$ 。

说明随轨道半径 r 的增大, 同一盒中相邻轨道的半径之差 Δr 减小。

方法二:

设 $k (k \in \mathbf{N}^*)$ 为同一盒子中质子运动轨道半径的序数, 相邻的轨道半径分别为 $r_k, r_{k+1} (r_k < r_{k+1})$, $\Delta r_k = r_{k+1} - r_k$,

在相应轨道上质子对应的速度大小分别为 v_k, v_{k+1} , D_1 、 D_2 之间的电压为 U

$$\text{由洛伦兹力充当质子做圆周运动的向心力, 知 } r_k = \frac{mv_k}{qB},$$

$$\text{故 } \frac{r_k}{r_{k+1}} = \frac{v_k}{v_{k+1}} \dots \text{⑫}$$

由动能定理知, 质子每加速一次, 其动能增量 $\Delta E_k = qU \dots \text{⑬}$

以质子在 D_2 盒中运动为例, 第 k 次进入 D_2 时, 被电场加速 $(2k-1)$ 次

$$\text{速度大小为 } v_k = \sqrt{\frac{(2k-1)2qU}{m}} \dots \text{⑭}$$

同理, 质子第 $(k+1)$ 次进入 D_2 时, 被电场加速 $(2k+1)$ 次, 速度大小为 $v_{k+1} = \sqrt{\frac{(2k+1)2qU}{m}}$

$$\text{综合上述各式可得 } \frac{r_k}{r_{k+1}} = \frac{v_k}{v_{k+1}} = \sqrt{\frac{2k-1}{2k+1}}$$

$$\text{整理得 } \frac{r_k^2}{r_{k+1}^2} = \frac{2k-1}{2k+1}, \frac{r_{k+1}^2 - r_k^2}{r_{k+1}^2} = \frac{2}{2k+1}$$

$$\Delta r_k = \frac{2r_{k+1}^2}{(2k+1)(r_k + r_{k+1})}$$

同理,对于相邻轨道半径 $r_{k+1}, r_{k+2}, \Delta r_{k+1} = r_{k+2} - r_{k+1}$, 整理后有

$$\Delta r_{k+1} = \frac{2r_{k+1}^2}{(2k+1)(r_{k+1} + r_{k+2})}$$

由于 $r_{k+2} > r_k$, 比较 $\Delta r_k, \Delta r_{k+1}$ 得 $\Delta r_{k+1} < \Delta r_k$

说明随轨道半径 r 的增大,同一盒中相邻轨道的半径之差 Δr 减小,用同样的方法也可得到质子在 D_1 盒中运动时具有相同的结论。

24. 见解析

【解析】(1) 设匀强磁场的磁感应强度的大小为 B , 令圆弧 \widehat{AEC} 是自 C 点垂直于 BC 入射的电子在磁场中的运行轨道。电子所受到的磁场的作用力 $f = ev_0 B \cdots \cdots \textcircled{1}$

作用力应指向圆弧的圆心,因而磁场的方向应垂直于纸面向外。圆弧 \widehat{AEC} 的圆心在 CB 边或其延长线上。依题意,圆心在 A, C 连线的中垂线上,故 B 点即为圆心,圆半径为 a 按照牛顿定律有 $f = m \frac{v_0^2}{a} \cdots \cdots \textcircled{2}$

$$\text{联立 } \textcircled{1} \textcircled{2} \text{ 式得 } B = \frac{mv_0}{ea} \cdots \cdots \textcircled{3}$$

(2) 由(1)中确定的磁感应强度的方向和大小,可知自 C 点垂直于 BC 入射电子在 A 点沿 DA 方向射出,且自 BC 边上其他点垂直于入射的电子的运动轨道只能在 $BAEC$ 区域中。

因而,圆弧 \widehat{AEC} 是所求的最小磁场区域的一个边界。

为了决定该磁场区域的另一边界,我们来观察射中 A 点的电子的速度方向与 BA 的延长线交角为 θ (不妨设 $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$) 的情形。该电子的运动轨迹 qP 如图 61 所示。

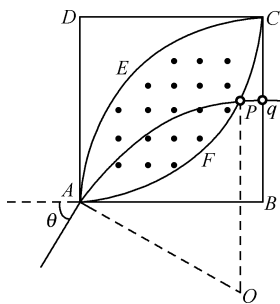


图 61

图中,圆弧 \widehat{AP} 的圆心为 O, Pq 垂直于 BC 边,由 $\textcircled{3}$ 式知,圆弧 \widehat{AP} 的半径仍为 a ,在 D 为原点, DC 为 x 轴, AD 为 y 轴的坐标系中, P 点的坐标 (x, y) 为 $x = a \sin \theta \cdots \cdots \textcircled{4}$

$$y = -[a - (a - a \cos \theta)] = -a \cos \theta$$

这意味着,在范围 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ 内, P 点形成以 D 为圆心, a

为半径的四分之一圆周 \widehat{AFC} , 它是电子做直线运动和圆周运动的分界线,构成所求磁场区域的另一边界。

因此,所求的最小匀强磁场区域时分别以 B 和 D 为圆心, a 为半径的两个四分之一圆周 \widehat{AEC} 和 \widehat{AFC} 所围成的,其面积为 $S = 2 \left(\frac{1}{4} \pi a^2 - \frac{1}{2} a^2 \right) = \frac{\pi - 2}{2} a^2$ 。

$$25. (1) C \text{ 点的坐标是 } \left(-\frac{(2 + \sqrt{2})mv_0}{2qB}, 0 \right);$$

(2) 离子从 A 点出发到第三次穿越 x 轴时的运动时间是 $\frac{7\pi m}{4Bq} + \frac{2mv_0}{qE}$;

(3) 离子第四次穿越 x 轴时速度的大小为 $\sqrt{5}v_0$, 速度方向与电场方向的夹角 $\alpha = \arctan \frac{1}{2}$

【解析】(1) 磁场中带电离子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动,故有 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$ 得 $r = \frac{mv_0}{qB}$

离子运动轨迹如图 62 所示,由几何知识知, $x_C = -(r + r \cos 45^\circ) = \frac{(2 + \sqrt{2})mv_0}{2qB}$

$$\text{故 } C \text{ 点坐标为 } \left(-\frac{(2 + \sqrt{2})mv_0}{2qB}, 0 \right)$$

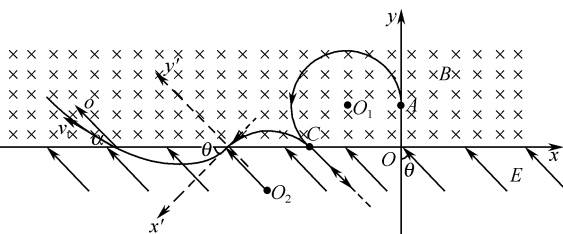


图 62

$$(2) T = \frac{2\pi m}{qB}$$

设离子从 A 到 C 的时间为 t_1 , 由几何知识知: $t_1 = \frac{5}{8}T = \frac{5\pi m}{4qB}$

设离子从进入电场到返回 C 的时间为 t_2 , 其在电场中做匀变速运动, 由牛顿第二定律和运动学公式, 有

$$qE = ma \text{ 及 } 2v_0 = at_2$$

$$\text{解得 } t_2 = \frac{2mv_0}{qE}$$

设离子再次进入磁场后在磁场中运动的时间为 t_3 , 由题意知 $t_3 = \frac{1}{4}T = \frac{\pi m}{2qB}$

所以离子从 A 点到第三次穿越 x 轴的时间为 $t = t_1 + t_2 +$

$$t_3 = \frac{7\pi m}{4qB} + \frac{2mv_0}{qE}$$

(3) 离子从第三次过 x 轴到第四次过 x 轴的过程是在电场中做类平抛的运动, 即沿着 v_0 的方向(设为 x' 轴)以 v_0 做匀

速运动,沿着 qE 的方向(设为 y' 轴)做初速度为 0 的匀加速运动

$$\text{即 } x' = v_0 t$$

$$y' = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2$$

$$v_{y'} = \frac{qE}{m} t$$

设离子第四次穿越 x 轴时速度的大小为 v , 速度方向与电场方向的夹角为 α ,

$$\text{由图中几何关系知 } \frac{y'}{x'} = \cos 45^\circ, v = \sqrt{v_0^2 + v_{y'}^2}, \tan \alpha = \frac{v_0}{v_{y'}}$$

$$\text{综合上求得 } v = \sqrt{5} v_0, \alpha = \arctan \frac{1}{2}$$

26. (1) 粒子经过 A 点时的速度方向平行于 x 轴, A 点到 x 轴的距离为 $\frac{mv}{qB} (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})$;

(2) 电场方向与 v 相反, 大小为 $\frac{12Bv}{7\pi}$;

(3) 第二次离开磁场到再次进入电场所用的时间为 $\frac{\sqrt{3}\pi}{qB}$

【解析】(1) 粒子第一次进入磁场时弧的半径为磁场左右边界间距的 2 倍, 如图 63 所示作出运动的轨迹, 则圆周运动的圆心即两虚线的交点。进入磁场时速度必垂直于磁场边界, 由洛伦兹力提供向心力: $qvB = m \frac{v^2}{R}$,

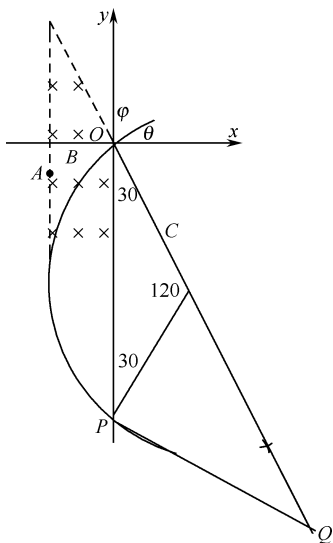


图 63

$$\text{得: } R = \frac{mv}{qB},$$

$$A \text{ 点到 } x \text{ 轴的距离为: } L = R(1 - \cos 30^\circ) = \frac{mv}{qB} (1 - \frac{\sqrt{3}}{2}),$$

(2) 设粒子在磁场中运动的周期为 T , 则: $vT = 2\pi R$

$$\text{所以: } T = \frac{2\pi m}{Bq}, \text{ 在磁场中运动的时间 } t_1 = \frac{30^\circ}{360^\circ} T = \frac{T}{12}$$

粒子进入电场后, 在电场力的作用下又由 O 点返回磁场区域说明电场力的方向一定与运动的方向相反, 则电场方向必与 v 相反, 再次进入磁场时速度方向也与 v 相反, 将向 y 轴负方向偏转做圆周运动, 运动的轨迹如图 63 所示:

$$\text{运动时间为 } t_3 = \frac{120^\circ}{360^\circ} T = \frac{T}{3},$$

$$\text{则在电场中运动的时间为: } t_2 = T - t_1 - t_3 = \frac{7T}{12}$$

$$\text{那么在电场中的运动有: } -v = v - \frac{qE}{m} t_2,$$

$$\text{求得: } E = \frac{12Bv}{7\pi}$$

(3) 粒子出磁场后到进入电场是匀速直线运动, 达到电场的距离为 $PQ = \sqrt{3}R$, 如图 64 所示。所用时间 $t_4 = \frac{\sqrt{3}R}{v}$

$$= \frac{\sqrt{3}m}{qB}.$$

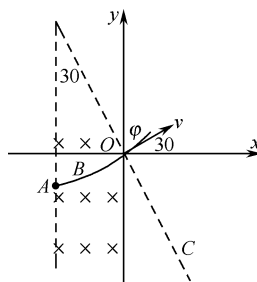


图 64

27. 见解析

【解析】对于 y 轴上的光屏亮线范围的临界条件如图 65 (1) 所示; 带电粒子的轨迹和 $x = a$ 相切,

此时 $r = a$, y 轴上的最高点为 $y = 2r = 2a$;

对于 x 轴上光屏亮线范围的临界条件如图 65 (2) 所示; 左边界的极限情况还是和 $x = a$ 相切,

此刻, 带电粒子在右边的轨迹是个圆, 由几何知识得到在 x 轴上的坐标为 $x = 2a$;

速度最大的粒子是如图 (2) 中的实线, 由两段圆弧组成, 圆心分别是 C 和 C' 由对称性得到 C' 在 x 轴上, 设在左右两部分磁场中运动时间分别为 t_1 和 t_2 ,

$$\text{满足 } \frac{t_1}{t_2} = \frac{2}{5}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{7}{12} T$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{1}{6} T \quad t_2 = \frac{5}{12} T$$

$$\text{由数学关系得到: } \sqrt{3}R = 2a \quad OP = 2a + R$$

$$\text{代入数据得到: } OP = 2 \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) a$$

$$\text{所以在 } x \text{ 轴上的范围是 } 2a \leq x \leq 2 \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) a.$$

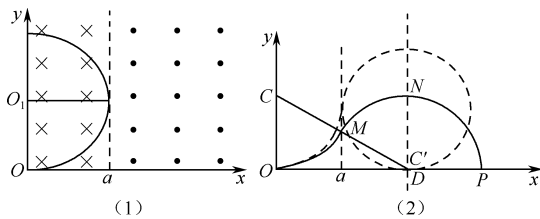


图 65

28. 见解析

【解析】(1) 根据动能定理, 得 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$ 由此可解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

(2) 欲使电子不能穿过磁场区域而打到荧光屏上, 应有 r

$$= \frac{mv}{eB} < d$$

而 $eU = \frac{1}{2}mv^2$ 由此即可解得

$$U < \frac{d^2 e B^2}{2m}$$

(3) 电子穿过磁场区域而打到荧光屏上时运动的轨迹如图 66 所示。

(4) 若电子在磁场区域做圆周运动的轨道半径为 r , 穿过磁场区域打到荧光屏上的位置坐标为 x , 则由(3)中的轨迹图可得 $x = 2r - 2\sqrt{r^2 - d^2}$

注意到 $r = \frac{mv}{eB}$ 和 $eU = \frac{1}{2}mv^2$

所以, 电子打到荧光屏上的位置坐标 x 和金属板间电势差 U 的函数关系为

$$x = \frac{2}{eB} (\sqrt{2emU} - \sqrt{2emU - d^2 e^2 B^2}) \quad (U \geq \frac{d^2 e B^2}{2m})$$

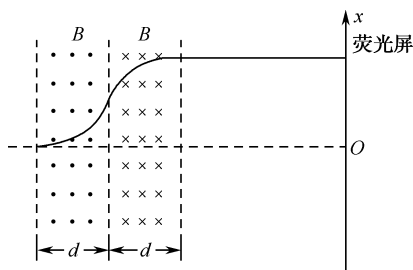


图 66

29. 见解析

【解析】(1) 核反应方程为: ${}^{16}_8\text{O} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^4_2\text{He}$ ①

(2) 设质子加速后最大速度为 v , 由牛顿第二定律得:

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

质子的回旋周期为: $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ ③

高频电源的频率为: $f = \frac{1}{T} = \frac{Bq}{2\pi m}$ ④

质子加速后的最大动能为: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ⑤

设质子在电场中加速的次数为 n , 则: $E_k = nqU$ ⑥

$$\text{又 } t = n \frac{T}{2}$$

$$\text{可解得: } U = \frac{\pi B R^2}{2t}$$
⑧

$$(3) \text{ 在电场中加速的总时间为: } t_1 = \frac{nd}{v} = \frac{2nd}{v}$$
⑨

$$\text{在 D 形盒中回旋的时间为 } t_2 = n \frac{\pi R}{v}$$
⑩

$$\text{故 } \frac{t_1}{t_2} = \frac{2d}{\pi R} \ll 1$$

即只有当 $R \gg d$ 时, 质子在电场中加速的总时间相对于在 D 形盒中回旋的时间可忽略不计。

$$30. (1) B_0 = \frac{mv_0}{qd}$$

$$(2) a = \frac{3v_0}{d}$$

$$(3) T_B = \frac{\pi d}{3v_0}; T_B = \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{1}{4} \right) \frac{d}{2v_0}$$

【解析】(1) 设粒子做圆周运动的半径为 R , 由牛顿第二定律得

$$qv_0 B = \frac{mv_0}{R}$$
①

据题意由几何关系得

$$R_1 = d$$
②

联立①②式得

$$B_0 = \frac{mv_0}{qd}$$
③

(2) 设粒子做圆周运动的半径为 R_2 , 加速度大小为 a , 由圆周运动公式得

$$a = \frac{v_0}{R_2}$$
④

据题意由几何关系得

$$3R_2 = d$$
⑤

联立④⑤式得

$$a = \frac{3v_0}{d}$$
⑥

(3) 设粒子做圆周运动的半径为 R , 周期为 T , 由圆周运动公式得

$$T = \frac{2\pi R}{v_0}$$
⑦

由牛顿第二定律得

$$qv_0 B_0 = \frac{mv_0}{R}$$
⑧

由题意知 $B_0 = \frac{4mv_0}{qd}$, 代入⑧式得

$$d = 4R$$
⑨

粒子运动轨迹如图 67 所示,

O_1, O_2 为圆心, 连线与水平方向的夹角为 θ , 在每个 T_B

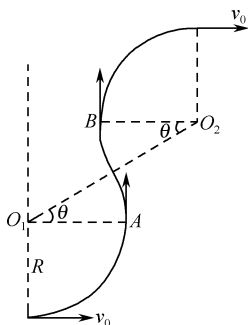


图 67

内,只有A、B两个位置才有可能垂直击中P板,且均要求 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$,由题意可知

$$\frac{\frac{\pi}{2} + \theta}{2\pi} T = \frac{T_B}{2} \quad (10)$$

设经历完整 T_B 的个数为 $n(n=0,1,2,3,\dots)$

若在A点击中P板,据题意由几何关系得

$$R + 2(R + R\sin\theta) = d \quad (11)$$

当 $n=0$ 时,无解(12)

当 $n=1$ 时,联立(9)(11)式得

$$\theta = \frac{\pi}{6} \quad (\text{或} \sin\theta = \frac{1}{2}) \quad (13)$$

联立(7)(8)(9)(13)式得

$$T_B = \frac{\pi d}{3v_0} \quad (14)$$

当 $n \geq 2$ 时,不满足 $0 < \theta < 90^\circ$ 的要求(15)

若在B点击中P板,据题意由几何关系得

$$R + 2R\sin\theta + 2(R + R\sin\theta)n = d \quad (16)$$

当 $n=0$ 时,无解(17)

当 $n=1$ 时,联立(9)(16)式得

$$\theta = \arcsin \frac{1}{4} \quad (\text{或} \sin\theta = \frac{1}{4}) \quad (18)$$

联立(7)(9)(10)(18)式得

$$T_B = \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{1}{4} \right) \frac{d}{2v_0} \quad (19)$$

当 $n \geq 2$ 时,不满足 $0 < \theta < 90^\circ$ 的要求(20)

$$31. (1) \left(\frac{2}{3}L - \sqrt{3}d \right) \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$(2) \frac{qB}{m} \left(\frac{L}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4}d \right)$$

$$(3) \frac{qB}{m} \left(\frac{L}{n+1} - \sqrt{3}d \right) \left(1 \leq n < \frac{\sqrt{3}L}{3d} - 1, n \text{ 取整数} \right)$$

【解析】(1)设粒子的轨道半径为 r ,

根据题意 $L = 3r\sin 30^\circ + 3d\cos 30^\circ$ 且 $h = r(1 - \cos 30^\circ)$

$$\text{解得 } h = \left(\frac{2}{3}L - \sqrt{3}d \right) \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

(2)改变入射速度后粒子在磁场中的轨道半径为 r' ,

$$\frac{mv^2}{r} = qvB, \frac{mv'^2}{r'} = qv'B$$

由题意可知 $3r\sin 30^\circ = 4r'\sin 30^\circ$ 解得 $\Delta v = v - v' =$

$$\frac{qB}{m} \left(\frac{L}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4}d \right)$$

(3)设粒子经过上方磁场 n 次

由题意可知 $L = (2n+2)d\cos 30^\circ + (2n+2)r_n\sin 30^\circ$

$$\text{且 } \frac{mv_n^2}{r_n} = qv_nB$$

$$\text{解得 } v_n = \frac{qB}{m} \left(\frac{L}{n+1} - \sqrt{3}d \right) \left(1 \leq n < \frac{\sqrt{3}L}{3d} - 1, n \text{ 取整数} \right)$$

32. (1)质子射入磁场时速度的大小为 $\frac{qBr}{m}$

(2)若质子沿 x 轴正方向射入磁场,质子从 O 点进入磁场到第二次离开磁场经历的时间为 $\frac{\pi m}{Bq} + \frac{2Br}{E}$

(3)若质子沿与 x 轴正方向成夹角 θ 的方向从 O 点射入第一象限的磁场中,质子在磁场中运动的总时间为 $\frac{\pi m}{qB}$

【解析】(1)质子射入磁场后做匀速圆周运动,有:

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{得: } v = \frac{qBr}{m} \text{ 即质子射入磁场时速度的大小为 } \frac{qBr}{m}.$$

(2)质子沿 x 轴正向射入磁场后,在磁场中运动了 $\frac{1}{4}$ 个圆周后,以速度 v 逆着电场方向进入电场,原路返回后,再射入磁场,在磁场中运动了 $\frac{1}{4}$ 个圆周后离开磁场。

$$\text{在磁场中运动周期: } T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

$$\text{质子在磁场中运动的时间: } t_1 = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$$

$$\text{进入电场后做匀变速直线运动,加速度大小: } a = \frac{qE}{m}$$

$$\text{质子在电场中运动的时间: } t_2 = \frac{2v}{a} = \frac{2Br}{E}$$

$$\text{所求时间为: } t = t_1 + t_2 = \frac{\pi m}{Bq} + \frac{2Br}{E}$$

故质子从 O 点进入磁场到第二次离开磁场经历的时间为 $\frac{\pi m}{Bq} + \frac{2Br}{E}$ 。

(3)当质子沿与 x 轴正方向成夹角 θ 的方向从第一象限射入磁场时,设质子将从 A 点射出磁场,如图68所示,其中 O_1 、 O_2 分别为磁场区域圆和质子轨迹圆的圆心。由于轨迹圆的半径等于磁场区域圆的半径,所以 OO_1AO_2 为菱形,即 AO_2 平行 x 轴,说明质子沿平行 y 轴的方向离开磁场,又沿 y 轴的负方向再次进入磁场, $\angle O_2 = 90^\circ - \theta$ 。

所以,质子第一次在磁场中运动的时间

$$t_1' = \frac{90^\circ - \theta}{360^\circ} T$$

此后质子轨迹圆的半径依然等于磁场区域圆的半径,设质子将从 C 点再次射出磁场,其中 O_1 、 O_3 分别为磁场区域圆和质子轨迹圆的圆心, AO_3 平行 x 轴。由于 O_1AO_3C 为菱形,

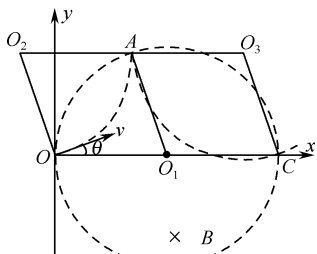


图 68

即 CO_1 平行 AO_3 , 即平行 x 轴, 说明 C 就是磁场区域圆与 x 轴的交点, 这个结论与 θ 无关。

所以, OO_2O_3C 为平行四边形, $\angle O_3 = 90^\circ + \theta$

质子第二次在磁场中运动的时间: $t_2' = \frac{90^\circ + \theta}{360^\circ} T$

质子在磁场中运动的总时间: $t' = t_1' + t_2' = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$

故质子在磁场中运动的总时间为 $\frac{\pi m}{Bq}$

高二物理 3-1 模块测试卷(1)

一、单选题

1. D

【解析】电场强度与放入电场中的试探电荷无关, 无论有无放入检验电荷、检验电荷的电量如何, 电场强度不变, 故 D 正确, A、B、C 错误。

2. D

【解析】根据库仑定律的公式 $F = k \frac{Qq}{r^2}$,

若它们的电荷量保持不变, 而把它们之间的距离变为原来的 3 倍, 则库仑力增大为原来的 $\frac{1}{9}$ 倍, 故 D 正确, A、B、C 错误。

3. B

【解析】由于同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引; 故验电器的上端应带上与小球异号的电荷, 而验电器的箔片上将带上与小球同号的电荷; 故只有 B 符合条件。

4. C

【解析】电场力做功 $W = qEd$

得: $E = \frac{W}{qd}$

5. A

【解析】由图 P 点电场线密, 故 P 点电场强度大, $E_P > E_Q$, 沿电场线的方向电势降低, $\varphi_P > \varphi_Q$, 故选 A。

6. D

【解析】闭合开关 S 后, 根据闭合电路欧姆定律得:

电路中的电流: $I = \frac{E}{R+r} = \frac{1.5}{2+1} A = 0.5 A$

7. B

【解析】小灯泡两端电压为 U_1 时, 通过小灯泡的电流为 I_1 , 根据欧姆定律得:

$$R = \frac{U_1}{I_1}$$

8. D

【解析】由电阻定律可知, 等分为 4 段后, 每段电阻为 $\frac{R}{4}$ 。四段电阻并联, 相当于截面积增大 4 倍, 故电阻为 $\frac{R}{16}$; 由于电阻率与电阻大小无关; 只与材料本身的性质决定, 故电阻率仍为 ρ 。

9. A

【解析】滑片下移, 则滑动变阻器接入电阻减小, 则总电阻减小, 电路中总电流增大, 内阻两端电压增大, 则由闭合电路欧姆定律可知, 电路的路端电压减小, 故电压表示数减小; 由欧姆定律可知, R_1 上的分压增大, 故并联部分电压减小, 即可知电流表示数减小, 故 A 正确, BCD 错误。

10. D

【解析】A. 合力大致指向轨迹凹的一向, 可知电场力方向向左, 由于带电粒子的电性未知, 故无法判断电场强度的方向, 故 A 错误, B 错误。

C. 粒子可能是由 a 向 b 运动, 也可能是由 b 向 a 运动, 故 C 错误。

D. 从 a 运动到 b , 电场力做正功, 电势能减少, 动能增加。所以带电粒子在 a 点的动能小于在 b 点的动能, 故 D 正确。

11. B

【解析】A. 如图板间场强方向向下, 微粒处于静止状态, 受到向上的电场力, 则微粒带的是负电, 故 A 错误。

B. 板间电压等于电源的电动势, 由平衡条件得, $mg = q \frac{U}{d}$, 得到 $E = U = \frac{mgd}{q}$, 故 B 正确。

C. 断开电键 K, 板间电压与场强均不变, 微粒所受的场力不变, 所以微粒仍将保持静止状态, 故 C 错误。

D. 保持电键 K 闭合, 板间电压 U 不变, 把电容器两极板距离增大, 板间电场强度 $E = \frac{U}{d}$, 则知 E 减小, 微粒所受的场力减小, 微粒将向下加速运动, 故 D 错误。

12. D

【解析】正电荷从 A 释放(初速为 0)后, 能匀减速运动到 B, 说明正电荷受到的电场力方向是从 B 指向 A, 那么电场方向就是由 B 指向 A, 由于沿电场线方向电势逐渐降低, 所以 A、B 两点的电势关系是 $\varphi_A < \varphi_B$ 。

正电荷从 A 运动到 B 的过程中, 它的加速度不变(乙图中的“斜率”表示加速度), 由牛顿第二定律知, 正电荷从 A 到 B 时, 受到的电场力不变, 由 $F = qE$ 知 $E_A = E_B$ 。

13. B

【解析】磁感应强度 $B = \frac{F}{IL}$, 只是定义式, 它的大小取决于场源以及磁场中的位置, 与 F 、 I 、 L 以及通电导线在磁场中的取向无关。

当 $F = BIL$ 时, 则 F 由 B 、 I 和 L 决定, 而 I 与 L 均与其他量无关, 故 B 正确, ACD 错误。

14. B

【解析】地磁的南极在地理北极的附近,故在用安培定则判定环形电流的方向时右手的拇指必须指向南方;而根据安培定则:拇指与四指垂直,而四指弯曲的方向就是电流流动的方向,故四指的方向应该向西,故 B 正确。

15. C

【解析】根据左手定则可知,

A. 图中安培力方向垂直磁场向右,故 A 错误。

B. 图中安培力方向竖直向下,故 B 错误。

C. 图中安培力方向垂直电流方向竖直向下,故 C 正确。

D. 图中由于磁场和电流方向共线,不受安培力作用,故 D 错误。

二、不定项选择

16. AB

【解析】A. a 、 b 是匀强电场中的两点,电场强度相同, a 、 b 连线与板不平行,则与电场线不垂直,所以 a 点的电势高于 b 点的电势,故 A 正确。

B. 等量异种电荷连线的两个点,沿着电场线的方向,电势降低,则 a 的电势高于 b 的电势。由于电场线关于两电荷连线上下对称,场强相同,故 B 正确。

C. a 、 b 是同一等势面上的两点,电势相同,场强大小相等,但方向不同,故 C 错误。

D. 根据电场线的对称性可知, ab 两点电势相同,场强大小相等,但方向相反,故 D 错误。

17. AD

【解析】A. 电动机消耗的总功率应该用 $P = IU$ 来计算,所以总功率为 IU ,所以 A 正确。

B. 电动机消耗的热功率应该用 $P = I^2 R$ 来计算,所以热功率 $P = I^2 R$,所以 B 错误。

C. 电源的输出功率等于电动机的输入功率,得 $P_{\text{出}} = UI$,故 C 错误。

D. 电源的总功率为 IE ,内部发热的功率为 $I^2 r$,所以电源的效率为 $\frac{IE - I^2 r}{IE} = 1 - \frac{Ir}{E}$,所以 D 正确。

18. AB

【解析】由题意,电容器所带电量 Q 保持不变,静电计指针张角变大,板间电势差 U 变大,由 $C = \frac{Q}{U}$ 分析可知,电容 C 应变小,根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ 分析可知,减小正对面积,增大板间距离或抽出电介质。

三、实验题

19. 2970;串

【解析】把电流表改装成电压表需要串联一个分压电阻,

串联电阻阻值: $R = \frac{U}{I_g} - R_g = \frac{3}{0.001} - 30 = 2970\Omega$;

20. ①S; ③T; 0 刻线; ④ADC

【解析】首先要对表盘机械校零,所以旋动部件是 S。接着是欧姆调零,将“+”、“-”插孔的表笔短接,旋动部件 T,让表盘指针指在最右端电阻的零刻度处。当两表笔分别与待测电阻相接,发现指针偏转角度过小,为了得到比较准确

的测量结果,指针必须在中间刻度附近,所以要将倍率调大。原因是指针偏转小,则说明刻度盘值大,现在要指针偏大即刻度盘值要小,则只有调大倍率才会实现,所以正确顺序 ADC。

21. (1)0.398;(2)甲;(3)如图 69 所示;4.5;(4)C

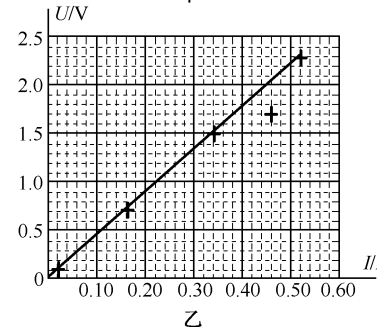
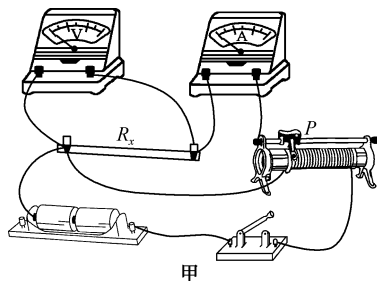


图 69

【解析】(1)螺旋测微器的读数为: $d = 0 + 39.8 \times 0.01 \text{ mm} = 0.398 \text{ mm}$;

(2)从给出的数据表可知,电流表和电压表的读数变化范围较大,所以变阻器采用的应是分压式接法,即测量采用的是甲图;

(3)根据描出的点,作出图像,如图乙所示;

由图线得到金属丝的阻值为: $R_x = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.8}{0.40} = 4.5\Omega$

(4)根据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得: $\rho = \frac{RS}{L} = \frac{R \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi}{L}$

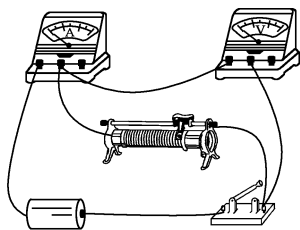
带入数据得: $\rho = 1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

22. (1)如图 70 所示;(2)1.54;1.1

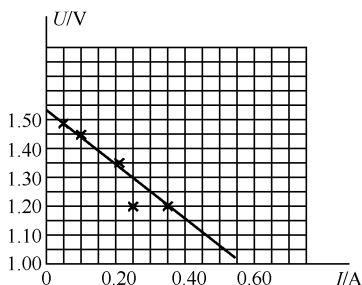
【解析】(1)用实线代替导线将实验器材连成实验电路,注意接线要接在接线柱上,导线不能交叉,如图 70(1)所示。

(2)根据描出的点作出伏安特性曲线如图 70(2)所示。

由图可知,图像与纵坐标的交点为电源的电动势 $E = 1.54 \text{ V}$;斜率表示内阻 $r = \frac{1.54 - 1.00}{0.5} = 1.1\Omega$ 。



(1)



(2)

图 70

23. (1) 如图 71 所示; (2) 外接, 小

【解析】(1) 由于 $R_x \approx 6\Omega$, 而 $\sqrt{R_A R_V} = \sqrt{0.125 \times 3000} = 15\Omega > R_x \approx 6\Omega$, 故采用外接法, 滑动变阻器的最大阻值 20Ω 比被测电阻阻值大很多, 可采用限流接法, 故电路图如图 71 所示;

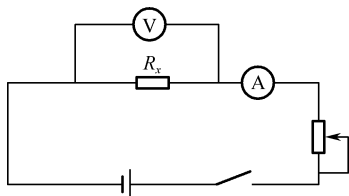


图 71

(2) 这种连接方法属于电流表外接, 此种接法电压 U 测量准确, 电流测量值等于通过电流表的电流与通过电阻的电流之和, 故电流偏大, 由欧姆定律得: $R_x = \frac{U}{I}$, 故电阻测量值偏小。

四、计算题

24. (1) a 、 b 两点的电势差 U_{ab} 是 200V 。

(2) 若将电荷量为 $q_2 = -8 \times 10^{-7}\text{C}$ 的负电荷从 a 点移到 b 点, 电场力所做的功 W_2 是 $-1.6 \times 10^{-4}\text{J}$, 其电势能增加 $1.6 \times 10^{-4}\text{J}$ 。

【解析】(1) a 、 b 两点的电势差 $U_{ab} = \frac{W_1}{q_1} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-8}}\text{V} = 200\text{V}$

(2) 将电荷量为 $q_2 = -8 \times 10^{-7}\text{C}$ 的负电荷从 a 点移到 b 点, 电场力所做的功

$W_2 = q_2 U_{ab} = -8 \times 10^{-7} \times 200\text{J} = -1.6 \times 10^{-4}\text{J}$, 则负电荷的电势能增加 $1.6 \times 10^{-4}\text{J}$ 。

25. 电源电动势 E 为 12V , 内电阻 r 为 4Ω

【解析】当电键 S_2 断开时, 根据电路欧姆定律得:

$$E = I_1 (R_1 + r)$$

当电键 S_2 闭合时, 根据闭合电路欧姆定律:

$$E = I_2 \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + r} \right)$$

代入数据解得: $E = 12\text{V}$, $r = 4\Omega$ 。

26. (1) 电子穿过 A 板时的速度大小为 $v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$;

(2) 电子从偏转电场射出时的侧移量 $y_1 = \frac{U_2 L_1^2}{4U_1 d}$;

(3) P 点到 O 点的距离 $y_2 = \frac{(2L_2 + L_1) U_2 L_1}{4U_1 d}$

【解析】(1) 设电子经电压 U_1 加速后的速度为 v_0 , 根据动能定理得:

$$eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2, \text{解得: } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$$

(2) 电子以速度 v_0 进入偏转电场后, 垂直于电场方向做匀速直线运动, 沿电场方向做初速度为零的匀加速直线运动。设偏转电场的电场强度为 E , 电子在偏转电场运动的时间为 t_1 , 电子的加速度为 a , 离开偏转电场时相对于原运动方向的侧移量为 y_1 。

根据牛顿第二定律和运动学公式得:

$$a = \frac{eE}{m}, \text{又 } E = \frac{U_2}{d}, \text{得 } a = \frac{eU_2}{md}$$

$$\text{水平方向: } t_1 = \frac{L_1}{v_0},$$

$$\text{竖直方向: } y_1 = \frac{1}{2}at_1^2,$$

$$\text{解得: } y_1 = \frac{U_2 L_1^2}{4U_1 d}$$

(3) 设电子离开偏转电场时沿电场方向的速度为 v_y ,

$$\text{根据运动学公式得: } v_y = at_1 = \frac{eU_2 L_1}{dmv_0}$$

电子离开偏转电场后做匀速直线运动, 设电子离开偏转电场后打在荧光屏上所用的时间为 t_2 , 电子打到荧光屏上的侧移量为 y_2 , 如图 72 所示。

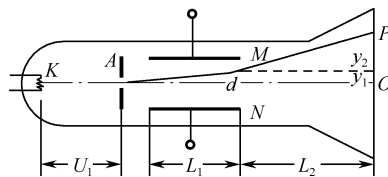


图 72

$$t_2 = \frac{L_2}{v_0}, y_2 = v_y t_2$$

$$\text{解得: } y_2 = \frac{U_2 L_1 L_2}{2dU_1}$$

$$P \text{ 到 } O \text{ 点的距离为 } y = y_1 + y_2 = \frac{(2L_2 + L_1) U_2 L_1}{4U_1 d}$$

27. (1) 粒子到达 O 点时速度大小 $v = \sqrt{\frac{2qEL}{m}}$;
 (2) 粒子经过 O 点后第一次到达 x 轴上 Q 点(图中未画出)的横坐标 x_0 为 $\frac{2}{B} \sqrt{\frac{2mEL}{q}}$;
 (3) 粒子从 P 点出发第一次到达 x 轴上 Q 点所用的时间 t 为 $\sqrt{\frac{2mL}{qE}} + \frac{\pi m}{Bq}$
【解析】(1) 从 P 到 O 的过程中电场力做正功, 根据动能定理: $qEL = \frac{1}{2}mv^2$ ①
 解得: $v = \sqrt{\frac{2qEL}{m}}$ ②
 (2) 粒子沿 $-y$ 方向进入磁场时, 由左手定则可知粒子向右偏转, 做匀速圆周运动, $Bqv = m \frac{v^2}{r}$ ③
 由③式可得: $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mEL}{q}}$ ④
 所以, Q 点的坐标在 x 轴正方向上, 横坐标 $x_0 = 2r = \frac{2mv}{Bq}$
 $= \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2mEL}{q}}$ ⑤
 (3) 在电场中运动时间 t_1 , 则 $L = \frac{1}{2}qEt_1^2$ ⑥
 即 $t_1 = \sqrt{\frac{2mL}{qE}}$ ⑦
 在磁场中运动时间 t_2 , 则: $t_2 = \frac{1}{2}T = \frac{\pi m}{Bq}$ ⑧
 故粒子从 P 点出发第一次到达 x 轴上 Q 点所用的时间:
 $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2mL}{qE}} + \frac{\pi m}{Bq}$ ⑨

高二物理 3-1 模块测试卷(2)

一、单选题

1. A

【解析】电场线的疏密表示电场强度的强弱, 由于 A 点的电场线密, 所以 A 点的电场强度大于 B 点的电场强度, 电场力大于 B 点的电场力, 故选项 A 正确。

2. C

【解析】根据左手定则可得,

A 中安培力的方向是垂直向外的, 故 A 错误。

B 中安培力的方向是竖直向下的, 故 B 错误。

C 中安培力的方向是竖直向上的, 故 C 正确。

D 中运动方向和磁场方向平行, 不受安培力的作用, 故 D 错误。

3. D

【解析】线圈与磁场方向垂直, 故磁通量:

$$\Phi = BS = 2.0 \times 10^{-2} \times 5.0 \times 10^{-2} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ Wb}.$$

4. A

【解析】根据安培定则, 阴极射线管正好处于垂直纸面向

外的磁场中, 由左手定则可判断出电子流受到向上的洛伦兹力作用, 所以电子流要向上偏转。故选项 A 正确, 选项 BCD 都错误。

5. B

【解析】A. 根据电势差的定义可知: $U_{AB} = \frac{W}{q}$, 由于从 M 点移到 N 点时, 电场力做负功, 所以 M 点的电势小于 N 点的电势, 故 A 错误。

B. 根据题意从 M 点移到 N 点, 电场力做负功, 因此负电荷受力从 N 指向 M , 电场线方向为从 M 到 N , 故 B 正确。

C. 一条电场线不能反映电场线的疏密, 无法判断电场强度的大小, M 点的电场强度不一定比 N 点的电场强度大, 故 CD 错误。

6. A

【解析】A. 根据电场强度的定义式, 若电量为 q 的带电粒子在匀强电场中所受的电场力为 F , 则场强一定为 $E = \frac{F}{q}$, A 正确。

B. 若匀强电场中 A 、 B 两点间的距离为 d , 两点间电势差为 U , 且 d 是沿着电场线方向, 才有 $E = \frac{U}{d}$, B 错误。

C. 将长度为 L 、电流为 I 的通电直导线放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 若 $B \perp I$, 才有 $F = BIL$, C 错误。

D. 将面积为 S 的矩形线框, 放在磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 只有当 $B \perp S$ 时, 通过线框的磁通量 $\Phi = BS$, D 错误。

7. B

【解析】滑片下移, 则滑动变阻器接入电阻减小, 则总电阻减小, 电路中总电流增大, 内阻两端电压增大, 则由闭合电路欧姆定律可知, 电路的路端电压减小, 故电压表示数减小; 由欧姆定律可知, R_1 上的分压增大, 故并联部分电压减小, 即可知电流表示数减小, 故 B 正确, ACD 错误。

8. C

【解析】静电平衡后, 金属球内的合场强处处为零, 金属球上感应电荷产生的附加电场与带电的细杆 MN 产生的场强大小相等, 方向相反, 相互抵消。 c 点离带电的细杆 MN 最近, 带电的细杆 MN 在 c 点处产生的场强最大, 则金属球上感应电荷在 c 点处产生的场强最大, 即 E_c 最大。

9. C

【解析】A. 电动机不是纯电阻, 不能满足欧姆定律, 故 A 错误。

B、C. 电源的输出功率 $P = UI = IE - I^2 r$, 故 B 错误, C 正确。

D. 整个电路的热功率为 $I^2 (R_0 + R + r)$, 故 D 错误。

10. B

【解析】假设粒子由 a 到 b 运动,

①、②由图可知, 粒子向下偏转, 则说明粒子所受的电场力方向竖直向下, 由于不知电场线方向, 故无法判断粒子电性, 故②正确, ①错误。

③由图可知, 粒子从 a 到 b 的过程中, 电场力做正功, 说明粒子速度增大, 故可知 b 处速度较大, 故③正确。

④电场力做正功,则电势能减小,故 a 点电势能较大,故④正确。

⑤虽然 a 点电势能较大,但是不知道粒子的电性,故无法判断电势的高低,故⑤错误。

11. D

【解析】平行板电容器极板间存在匀强电场,根据 $U = \frac{Q}{C}$ 及 $E = \frac{U}{d}$ 得:

$$E = \frac{Q}{Cd}$$

$$\text{所以 } F = Eq = q \frac{Q}{Cd}$$

12. B

【解析】根据动能定理: $eU_1 = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{得: } v = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$$

在偏转电场中 $v_y = at$

$$a = \frac{U_2 q}{md}$$

$$t = \frac{L}{v}$$

$$v_y = at$$

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v} = \frac{U_2 L}{2U_1 d}$$

若使偏转角变大即使 $\tan\theta$ 变大,由上式知可以增大 U_2 减小 U_1 。

二、不定项选择

13. BCD

【解析】静电计张角变小,说明电容器极间电势差减小。由 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon r S}{4\pi k d}$ 可得: $U = \frac{Q4\pi k d}{\epsilon r S}$:

A. 带电量 Q 不变,减小极板正对面积,可知电势差 U 增大,故 A 错误。

B. 带电量不变,减小极板距离,可知电势差 U 减小,故 B 正确。

C. 放入电介质其作用是增加介电常数 ϵ_r ,可知电势差 U 减小,故 C 正确。

D. 用导线将 AB 板连接,则电容器放电完备,电势差 U 为 0,故 D 正确。

14. BCD

【解析】A. 由题意可知,带电质点受两个力,向下的重力和向上的电场力,电场力做正功,电势能降低,所以带电质点在 a 点的电势能比在 b 点的电势能大,故 A 错误。

B. 沿电场线的方向电势逐渐降低,所以 a 点电势比 b 点的电势高,故 B 正确。

C. 质点开始由静止向上运动,电场力大于重力,且方向向上。因为在一根电场线上,所以在两点的电场力方向都向上,故 C 正确。

D. 在 a 点,电场力大于重力,到 b 点恰好速度为零,可知

先加速后减速,所以 b 点所受的电场力小于重力。所以 a 点的电场强度比 b 点的电场强度大,故 D 正确。

15. AC

【解析】A. 由于电子与质子的电性相反,所以它们以相同的方向进入磁场时,受到的洛伦兹力的方向相反,偏转的方向相反,故 A 正确。

B. 根据带电粒子的半径公式: $r = \frac{mv}{qB}$, 氦核与氢核在磁场中运动轨迹的半径是否相同,与它们的速度有关,故 B 错误。

C. 粒子在磁场中做圆周运动的周期: $T = \frac{2\pi m}{qB}$, 由于氦核与氢核的 $\frac{q}{m}$ 相同,它们在磁场中做圆周运动的周期相等,故 C 正确。

D. 根据带电粒子的半径公式: $r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$, 若氦核与氢核进入磁场时的动能相同,它在磁场中运动轨迹的半径不同,故 D 错误。

16. BCD

【解析】A. 霍尔元件中移动的是自由电子,根据左手定则,电子向下表面偏转,所以上表面电势高,故 A 错误。

B. 最终电子在电场力和洛伦兹力的作用下处于平衡,设霍尔元件的长宽高分别为 a 、 b 、 c , 有 $q \frac{U}{c} = qvB$, 电流的微观表达式为 $I = nqvS = nqvbc$, 所以 $U = \frac{BI}{nqb}$ 。上、下表面的电势差 U 越大,则 B 越大;当电流越大,上、下表面的电势差 U 越大,故 BC 正确。

D. k 越大,根据磁感应强度 $B = B_0 + kz$, 知 B 随 z 的变化越大。根据 $U = \frac{BI}{nqb}$ 知, U 随 z 的变化越大,测得的电势差 U 的差值越大,故 D 正确。

三、填空题

17. $neSv$

【解析】导体中电流大小

$$I = \frac{q}{t}$$

t 时间内电子运动的长度为 vt , 则其体积为 Svt , 通过导体某一截面的自由电子数为 $nSvt$ 。

该时间内通过导体该截面的电量: $q = nSvte$

联立可得 $I = neSv$

18. 负, 0

【解析】物体 C 靠近 AB 的左端, 由于静电感应, A 端带负电, B 端失去电子带等量的正电; 枕形金属导体 AB 处于静电平衡状态, 内部的电场强度为零。

19. 串; 4.9×10^4

【解析】电流表改装成电压表要串联电阻分压, 串联值为: $R = \frac{U}{I_g} - R_g = \frac{5}{100 \times 10^{-6}} - 1000 = 4.9 \times 10^4$

四、实验题

20. (1) 0.398; (2) 甲; (3) 如图 73(1); 如图 73(2),
(4) 4.4 (4.3 ~ 4.7); (5) C

【解析】(1) 螺旋测微器的读数为: $d = 0 + 39.8 \times 0.01 \text{ mm} = 0.398 \text{ mm}$;

(2) 从给出的数据表可知, 电流表和电压表的读数变化范围较大, 所以变阻器采用的应是分压式接法, 即测量采用的是甲图。

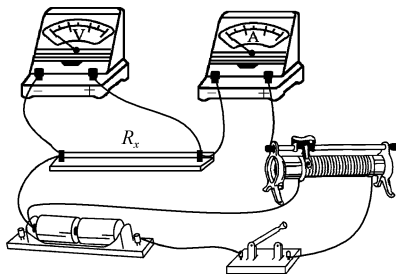
(3) 根据描出的点, 作出图像, 如图 73(2) 所示;

由图线得到金属丝的阻值为: $R_x = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.8}{0.40} = 4.5 \Omega$

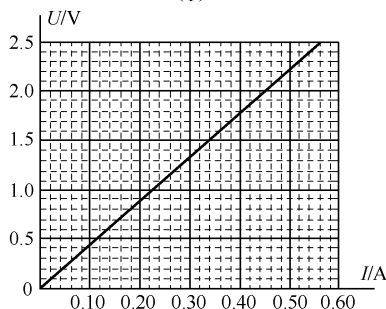
(4) 根据 $R = \rho \frac{L}{S}$

$$\text{得: } \rho = \frac{RS}{L} = \frac{R \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}{L}$$

带入数据得: $\rho = 1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$



(1)



(2)

图 73

五、计算题

21. (1) 电荷所受电场力 F 的大小 $8 \times 10^{-4} \text{ N}$
(2) A 、 B 两点间电势差 $U = 8 \times 10^3 \text{ V}$
(3) 电荷从 A 点移至 B 点的过程中, 电场力所做的功 $W = 1.6 \times 10^{-4} \text{ J}$

【解析】(1) 电荷所受电场力 F 的大小为:

$$F = qE = 8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

(2) A 、 B 两点间的电势差是:

$$U = Ed = 8 \times 10^3 \text{ V}$$

(3) 电荷从 A 点移至 B 点的过程中, 电场力所做的功为:

$$W = qU = 1.6 \times 10^{-4} \text{ J}$$

22. (1) 电源的电动势 E 为 4 V , 内电阻 r 为 1Ω ;

(2) 电源的路端电压 U 为 3 V ;

(3) 电源的输出功率 P 为 3 W 。

【解析】(1) 由图(乙)所示的 $U-I$ 图线知, 电源的电动势

$$E = 4 \text{ V}, \text{ 内电阻 } r = \frac{E}{I_{\text{短}}} = \frac{4}{4} = 1 \Omega$$

(2) 电路中的电流 $I = \frac{E}{R+r} = \frac{4}{3+1} = 1 \text{ A}$

路端电压 $U = IR = 1 \times 3 = 3 \text{ V}$

(3) 电源的输出功率为: $P = UI = 3 \times 1 = 3 \text{ W}$ 。

23. (1) 电子偏离金属板时的侧位移是 0.5 cm ;

(2) 电子飞出电场时的速度是 $2.03 \times 10^7 \text{ m/s}$;

(3) 电子离开电场后, 打在屏上的 P 点, 若 $s = 10 \text{ cm}$, OP 的长为 0.025 m 。

【解析】(1) 竖直方向做匀加速直线运动, 根据电容器电压与电场的关系得:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{90}{0.01} = 9000 \text{ V/m}$$

$$F = Eq = 9000 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.44 \times 10^{-15} \text{ N}$$

又因为 $F = ma$

$$\text{所以 } a = \frac{F}{m} = \frac{1.44 \times 10^{-15}}{9 \times 10^{-31}} = 1.6 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

水平方向做匀速运动,

$$\text{故 } t = \frac{L}{v_0} = \frac{0.05}{2 \times 10^7} = 2.5 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\text{所以 } y = \frac{1}{2} at^2 = 0.5 \text{ cm}$$

(2) 竖直方向速度 $v_1 = at = 4 \times 10^6 \text{ m/s}$

$$\text{所以 } v = \sqrt{v_1^2 + v_0^2} = 2.03 \times 10^7 \text{ m/s}$$

(3) 从平行板出去后做匀速直线运动, 水平和竖直方向都是匀速运动。

$$\text{水平方向: } t_1 = \frac{s}{v_0} = \frac{0.1}{2 \times 10^7} = 5 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\text{竖直方向: } PM = v_1 t_1 = 0.02 \text{ m,}$$

$$PO = PM + MO = PM + y = 0.025 \text{ m.}$$

24. (1) 该匀强电场的场强 E 大小为 $\frac{mv_0^2}{2qd}$;

(2) 所加匀强磁场的磁感应强度 B 大小为 $\frac{2mv_0}{5qd}$, 方向为垂直纸面向外。

【解析】(1) 粒子在 x 轴方向上做匀速直线运动, 所以粒子从 M 运动到 N 的时间为: $t = \frac{2d}{v_0}$

粒子在 y 轴方向上做初速度为零的匀加速直线运动, 设其加速度为 a , 则根据牛顿第二定律有: $a = \frac{qE}{m}$

$$\text{所以: } d = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \cdot \left(\frac{2d}{v_0}\right)^2 E = \frac{mv_0^2}{2dq};$$

(2) 由题意可知, 粒子在 M 点所受洛伦兹力的方向沿 y 轴负方向, 根据左手定则可知, 所加匀强磁场的方向为垂直纸面向外。

如图 74 所示,粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,设其半径为 r ,由勾股定理得: $(2d)^2 + (r-d)^2 = r^2$,

所以: $r = \frac{5}{2}d$,

根据牛顿第二定律有: $qv_0B = m \frac{v_0^2}{r}$,

解得: $B = \frac{2mv_0}{5dq}$ 。

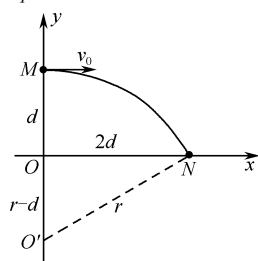


图 74